
— Actes du colloque —
**« Vers un Musée de l'Informatique et
de la société Numérique en France ? »**

***Musée des arts et métiers, Paris
7 et 8 novembre 2012***

Le numérique est omniprésent dans notre vie quotidienne. Les anciennes technologies sont progressivement remplacées par leur équivalent digital. De nouvelles formes d'interactions, de communications, d'expressions apparaissent. Plus aucun domaine d'activité n'échappe aux relations avec le numérique. Pourtant, en France, c'est sans doute l'une des sciences, l'une des technologies, l'une des industries qui auraient encore le plus besoin d'être connues. Le nombre croissant d'élèves qu'il faut aider à comprendre l'intérêt des filières scientifiques et techniques associées le confirme.

D'autre part, le patrimoine matériel et immatériel issu de ces quelque 60 ans d'évolution de l'Informatique est en danger. En effet les objets témoins de l'invention, des recherches, des tâtonnements et de l'innovation dans ce domaine sont souvent des objets de grande consommation, jetables... et donc jetés ! Dans une culture essentiellement tournée vers l'avenir ou le court terme, le patrimoine immatériel n'est pas toujours considéré à sa juste valeur et le conserver s'avère problématique.

Pourtant des expositions récentes, comme Museogames ou Game Story, posent la question de l'entrée du patrimoine vidéo-ludique dans un musée français, amorçant la discussion pour le patrimoine Informatique dans son ensemble.

Des établissements consacrés totalement ou partiellement à ce domaine existent déjà de par le monde. Des collections françaises, publiques ou privées, ont pris l'initiative de préserver l'histoire de l'Informatique. Elles présentent le plus souvent l'aspect historique ou technologique, rarement les aspects scientifiques et sociétaux du numérique.

Dans ce contexte, n'est-il pas temps de créer un Musée de l'Informatique et de la Société Numérique en France ? Si oui, quels en seraient les objectifs ? Quelles limites donner à ses collections ? Comment les conserver, les valoriser ? Comment mettre en valeur les composantes immatérielles ? Comment financer et permettre le fonctionnement d'un tel centre de conservation en ces temps de crise ? Quelle place au sein du réseau des musées déjà existants ?

Ouverture

[*Introduction*, Serge Chambaud, Directeur, Musée des arts et métiers]¹

Le propos du musée 1

Ce que pourrait être un musée de l'informatique.....	5
Derrière la technique, la science informatique.....	9
Homo Calculus	22
La mécanographie.....	34
Le complexe de Frankenstein revisité.....	54

Logiciels, logiciels libres : sauvegarde et diffusion

Le droit du numérique : une histoire à préserver.....	61
Quelle place pour le logiciel dans un musée de l'informatique ?	77
Doit-on et peut-on libérer les collections informatiques ?.....	89

Retours d'expériences 1

[*Vers un musée de l'Informatique, Contributions (rapports de visites)*, Isabelle Astic et Pierre Paradinas]²

Un musée de l'informatique au sommet de la Grande Arche de la Défense.....	98
Pour un manuel du conservateur amateur.....	110

Stratégies

Un musée de l'informatique à Grenoble :.....	128
Vers un musée virtuel de l'informatique.....	132
Un Musée de l'Informatique et une vitrine de l'Économie numérique.....	143
Comment utiliser le 3.0 pour que notre MINF soit ubiquitaire, participatif et attractif ?	150

Pédagogie, enseignement et diffusion

Vers une collection de podcasts pour vulgariser les concepts informatiques	159
La présentation de média, dont la micro-informatique.....	162

¹[Les présentation entre crochets ne sont pas publiées dans les Actes]

²[Transparents disponibles sur le site : <http://minf/cnam.fr>]

Essai d'étude historique de l'enseignement du Numérique :	171
De l'informatique pédagogique et de sa place dans un musée de l'informatique et de la société numérique.....	185
L'informatique dans les écoles, collèges et lycées français.....	198
Quelle place pour les utilisateurs-programmeurs dans une musée de l'informatique et de la société numérique ?	210

Retour d'expériences 2

La "petite mémoire" de l'innovation informatique.	224
Informatique 40 ans après: pour une typologie des mémoires à préserver.....	243
Quand Charles Cros fait des émules.....	256
Le patrimoine intellectuel de l'informatique s'est incarné dans les livres	262

Le propos du musée 2

Une conservation dynamique des œuvres numériques ?.....	264
Faire vivre l'informatique graphique.....	276
Internet, un objet patrimonial et muséographique	288

Comité de programme

— *Présidents*

- Pierre-Éric Mounier-Kuhn, Université Paris-Sorbonne, CNRS, Paris
- Pierre Paradinas, Chaire Systèmes Embarqués, Cnam, Paris

— *Membres*

- Isabelle Astic, Musée des arts et métiers, Cnam, Paris
- Philippe Denoyelle, Aconit, Grenoble
- Gérard Giraudon, Amisa, Sophia-Antipolis et Inria
- David Guez, MO5.COM, Paris
- Robert Halleux, Président honorifique du centre d'histoire des sciences et des techniques de l'Université de Liège
- Marc Monticelli, Espace Turing, Nice et LJAD - Université de Nice/CNRS
- Philippe Nieuwbourg, museeinformatique.fr, Paris
- Xavier Séné, Bibliothèque nationale de France (BnF), Paris
- Doron Swade, conservateur au Science Museum de Londres
- Thierry Vieville, Inria

Ce que pourrait être un musée de l'informatique

Alain ROUX

*Conservateur des collections muséologiques Universcience DE/PM.
30, Avenue Corentin Cariou-75930 Paris Cedex 19
Alain.ROUX@universcience.fr*

RÉSUMÉ : Comment valoriser des ressources informatiques dont on sait qu'elles détiennent un potentiel de connaissance simultanément mises en oeuvre tout à fait considérable, par où commencer ?

Afin d'éviter une sélection de critères trop rationnels, nous avons retenus un produit qui devait avoir une audience vaste et tout public, pour examiner les critères qui ont paru à ces producteurs les plus pertinents : métaphores, précision, implication du public et réveil des notions antérieures, élargissement de la scène aux polémiques et aux croyances, situation dans le contexte technique, ces outils de mise en scène peuvent participer au « réenchantement ».

1-Introduction : comment valoriser des ressources perçues comme considérables

Lors de la visite faite aux entrepôts Mac Donald, visites faites avec P. Paradinas, il nous a paru, un peu d'ailleurs comme lors des séances de la commission d'acquisition, qu'il y avait une grande réflexion à mener sur les collections informatiques du Musée des Arts et Métiers.

Malgré la faible quantité de matériel que l'on a pu entrevoir, il est impossible de rester objectivement insensible au décalage entre la richesse des objets accumulés et le « simple » travail de recollement, identification et mise en inventaire, localisation qui reste à effectuer avant toute recherche et valorisation de ce contenu. Nous avons pu sonder avec quelques autres membres de la commission d'acquisition, rien qu'en faisant appel à nos souvenirs, toute l'étendue des informations stockées dans ces objets (historiques, techniques, organisationnelles, etc...), mais aussi constaté l'immensité de la tâche, ne serait-ce que pour identifier et localiser correctement ces appareils.

Et quand bien même ils seront soigneusement étiquetés, il s'agit de convaincre que ce ne sont pas quelques objets obsolètes que l'on a détournés du rebut, mais que

si l'on s'astreint à y travailler ensemble, on peut relever qu'ils écrivent l'histoire du présent, qu'ils témoignent de solutions qui actuellement sont adoptées tellement universellement qu'elles vont de soi, alors qu'elles ont suscité des débats passionnés, gage de féroces compétitions, abouti à des croyances qui se sont érodées au fil du temps.

C'est en premier lieu la prise de conscience de la valeur de ces patrimoines qui va conditionner l'affectation de crédits importants à leur traitement.

Mais là se situe bien la question pratique : par quoi commencer ?

Nous n'avons pas voulu pour cette communication tenter de rentrer même un instant dans ce débat sans fin.

2-Un exemple de transmission des informations contenues dans du matériel pour un public d'utilisateurs du web.

Il nous a paru tout simplement plus concret de partir des questions soulevées pour réaliser une séquence de film de 8 minutes destinée à Universcience TV.

<http://www.universcience.tv/media/3961/ordinateur--1966.html>

Cette exigence de programmation avait pour avantage d'éviter les enlacements induits par toute sélection, ainsi que les contraintes de temps et de moyens, tout en gardant le cap sur les objectifs définis a priori : le public, la ligne éditoriale, la description complète de l'objet et de son fonctionnement, sa situation à son époque et son apport actuel, sa position dans l'histoire du domaine, l'établissement d'échelles spatiotemporelles comme si on devait faire découvrir une autre planète, lointaine, mais vitale pour nous. Ce resserrement focal cinématographique autour de l'objet lui-même qui n'est plus prétexte à illustration mais est le support même de l'analyse nous semble une démarche essentielle

On situera donc l'exemple de mise en valeur sur la définition même du contenu de la séance du « Théâtre des machines », et sur sa réalisation finale qui corrige en temps réel, en cours de tournage, les « rendus » qui ne sont pas à la hauteur de l'intention des producteurs.

Certes l'exemple est trop défini, mais en même temps, il révèle la nature des efforts fournis pour condenser et capter l'intérêt dans un temps limité.

La mise en scène doit suspendre les objets dans un espace uniquement réservé à leur contemplation, à leur miroitement.

Le discours initial est un texte de science-fiction qui extrait le spectateur de l'environnement ordinaire pour le conditionner à de vastes plans intergalactiques et à des fonctionnalités informatiques de rêve à la hauteur des ambitions, le lent défilement de plans serrés de l'électronique inconnue qui sort lentement de l'ombre accompagne le mystère de la découverte générale et conduit lentement à la description très précise de l'appareil.

Les descriptions recouvrent la plupart du temps exactement les plans découverts au niveau visuel, mais elles sont formulées par une voix féminine dont la légèreté contrebalance la forte acuité du centrage et le puissant contraste exprimé au niveau de l'image : la rapidité de l'enchaînement évite la lassitude.

Le commentaire est apparemment facile à suivre, mais enchaîne subtilement en les caractérisant d'un trait sûr les apports technologiques, les avancées estimées et permises qui resituent le rôle des machines dans leur domaine respectif.

Celles-ci sont là au bon moment du point de vue de l'économie énergétique, du fonctionnement en réseau.

Trouver les problématiques : la description induit le chemin vers la comparaison, en se formulant en questionnement : où est la souris ? où est l'écran pour le contrôle du fonctionnement ?

L'intérêt soutenu du commentateur trouve les mots justes pour faire partager l'émerveillement : ballet des têtes de lecture « volantes à haute altitude » sur les disques durs souligné par un bruit synthétique très évocateur.

Suit l'enchaînement visuel des interfaces du système : console d'introduction et sorties des données, bandes perforées magnétiques, clavier.

Prix : indication d'un prix déjà très élevé (500 000 dollars) considéré comme très faible en raison de l'utilisation de circuits intégrés : indication des implications de cette révolution technologique. Liens entre puissance de l'ordinateur et microprocesseurs évoqués par une autre musique synthétique et projection animée de chiffres scintillants défilant dans le noir sur les armoires.

Des métaphores illustrent la puissance et la capacité de calcul des microprocesseurs.

L'évocation des métiers est réalisée par l'utilisation en ombres chinoises de silhouettes vivantes effectuant des travaux sur les armoires et terminaux informatiques : à savoir : un informaticien, plusieurs ingénieurs, un opérateur à la console. Vue élargie au centre informatique : définition de l'intervention informatique à cette époque : c'est-à-dire le calcul ; on glisse des silhouettes aux images d'archives.

Les calculs sont affectés à la paye, à la gestion des stocks, à la finance ; peu sont utilisés pour le calcul scientifique. C'est un gros plan sur un personnage qui donne la définition d'un ordinateur : le spectateur lui-même situe la réponse comme datée à la vue du contexte historique dans lequel elle intervient, et la description correspondant aux modèles du temps lui permet de connaître les éléments fondamentaux de l'informatique, mais aussi d'imaginer cette conception machiniste de l'informatique aux origines. L'introduction d'un dialogue avec un jeune collaborateur amène la notion de machine à traiter l'information ; le mot cerveau est associé aux clignotements du tableau de contrôle. Ce dialogue, qui confronte rigueur mathématique doctrinale et traitement cérébral de l'information dans la vie

quotidienne, laisse au spectateur le désir d'une discussion philosophique approfondie.

Une mise en perspective plus générale s'effectue par un retour sur la vue d'une armoire à disques. Le commentaire redescend au niveau de l'enchaînement historique pour fixer le lien avec l'histoire présente : premier ordinateur à fonctionner en temps partagé, premier à supporter des réseaux aux Etats-Unis, en pointe à cette époque : évocation de la Silicon Valley et des réseaux par projection de logos : Google, Explorer, etc.

3- Conclusion : Adopter de véritables stratégies de communication

Il ne suffit pas de décliner des caractéristiques, d'enquêter sur le matériel : une mise en perspective valorisante nécessite l'écriture, une narration faite d'éléments forts qui s'enchaînent tout en se soutenant harmonieusement, afin de parcourir l'essentiel des connaissances contenues dans l'objet.

N'étant pas un oeuvre d'art hermétique, et les connaissances techniques étant à la fois complexes et contingentes - démodables - ces artifices nous semblent les mieux placés pour ré-enthousiasmer le public.

Derrière la technique, la science informatique

Sacha Krakowiak¹, Jacques Mossière², Jean-Pierre Verjus³

1. Professeur émérite, Université Joseph Fourier
sacha.krakowiak@inria.fr

2. Professeur émérite, Grenoble INP
jacques.mossiere@grenoble-inp.fr

3. Professeur honoraire, Grenoble INP
jean-pierre.verjus@inria.fr

RÉSUMÉ. Dans le grand public, et même dans des milieux relativement informés, l'informatique est encore rarement perçue en tant que science, au-delà de ses aspects techniques. Étant donné la place croissante de l'informatique et plus généralement du numérique dans l'économie et la société, cet état de fait est regrettable. Il conduit en effet à une mauvaise perception de la nature et de l'impact de la recherche en informatique et à une désaffection des jeunes pour des études dans cette discipline, pourtant créatrice d'emplois.

Comment renverser cette tendance ? Nous pensons qu'une présentation de l'informatique dans le cadre d'un musée virtuel peut y contribuer, par deux voies d'approche : (1) montrer que les applications bien connues de tous reposent sur des notions fondamentales, bases d'une démarche rigoureuse de conception et de garantie de qualité ; (2) montrer comment ces notions se sont dégagées au cours de l'histoire. Une présentation virtuelle, par la souplesse et l'interactivité qu'elle permet, semble bien adaptée à ces objectifs.

ABSTRACT. The general public, even including well-informed circles, is seldom aware of the science that underlies information technology, beyond its purely technical aspects. This is unfortunate, considering the increasing role of information processing, and, more generally, of digital techniques, in our economies and societies. This attitude leads to a wrong perception of the nature and impact of computer science research, and to a reluctance of the young to engage in computer science studies, in spite of the high demand for trained personnel in this area.

How to reverse this trend? We believe that a presentation of computer science in a virtual museum can contribute to this goal, using two approaches: (1) showing that a number of familiar applications rely on fundamental concepts, which provide a base for rigorous design principles and for guarantees of quality; and (2) showing how these notions have emerged in the course of history. A virtual presentation, through the flexibility and adaptability it allows, seems to be well adapted to these goals.

1. Introduction

L'image courante de l'informatique se réduit trop souvent à celle d'une technique. Plusieurs facteurs expliquent cet état de fait. La « numérisation du monde », évidente dans presque tous les domaines de la vie courante, contribue paradoxalement à cette situation en renvoyant l'image d'une collection d'avancées certes spectaculaires mais réduites à leur aspect technologique immédiatement perceptible et mis en évidence par les médias. L'absence, jusqu'ici, de la science informatique parmi les disciplines enseignées dans le secondaire ne fait que renforcer cette vision. Il faut enfin remarquer que cette réticence à admettre l'existence d'une science informatique ne se limite pas au grand public : il a fallu attendre 2003 pour que l'informatique entre enfin à l'Académie des Sciences sous la forme d'une section « Sciences mécaniques et informatiques », 2009 pour qu'une chaire d'accueil « Informatique et sciences numériques » soit créée au Collège de France et 2012 pour que l'informatique entre au lycée comme discipline à part entière.

Une telle situation est dommageable et il y a plusieurs raisons pour tenter de la modifier.

- la place croissante du numérique dans l'économie et la société impose une large information du public sur tous les aspects de ce domaine ;

- l'innovation dans les nouvelles technologies, moteur de la croissance, repose sur la maîtrise de l'informatique et des sciences du numérique et donc sur la qualité de la recherche dans ces disciplines ; il faut aider à la bonne perception de la nature et de l'importance de cette recherche ;

- la crise des vocations scientifiques chez les jeunes (et spécialement chez les jeunes filles) touche particulièrement l'informatique, domaine où de nombreux emplois qualifiés attendent pourtant d'être pourvus ; une meilleure vision de ce qu'est l'informatique, du type d'activités qu'on peut y mener et de ses rapports avec les autres sciences pourrait changer cette attitude.

Dans cet article, nous proposons une voie d'approche, parmi d'autres, pour contribuer à mieux faire connaître l'informatique en tant que science. Cet effort s'inscrit dans un mouvement plus global visant à améliorer la culture scientifique du public, objet actuel de nombreuses initiatives.

Nous proposons d'introduire les aspects scientifiques de l'informatique dans le cadre d'un musée virtuel (Aconit, 2000) consacré à tous les aspects de cette discipline. Loin d'une présentation *ex cathedra*, nous pensons qu'il faut partir des objets et des applications familiers au public pour tenter d'expliquer les concepts scientifiques qui leur sont sous-jacents. Nous pensons aussi qu'une organisation de

musée virtuel, par la multiplicité de points de vue et l'interactivité qu'elle autorise, est bien adaptée à une présentation attrayante.

Dans la suite de cet article, nous présentons d'abord les principes d'une approche muséale de la science informatique. Nous montrons ensuite, sur des exemples, comment ces principes peuvent être mis en œuvre à divers niveaux de compréhension. Nous indiquons enfin les grandes lignes d'une approche historique de l'évolution des concepts et des techniques de l'informatique.

2. Introduire la science informatique : principes d'une approche muséale

Comment un musée de l'informatique peut-il contribuer à une meilleure appréhension de l'informatique comme science ? Pour répondre à cette question, il faut d'abord rappeler ce qu'est la science informatique.

L'objet de l'informatique est le traitement de l'information. Le volet technique de l'informatique a pour objet la réalisation de ce traitement par des procédés automatisés. La science sur laquelle repose ce traitement comporte quatre concepts fondamentaux (Dowek, 2011) : information, algorithme, machine, langage. Ces concepts doivent être pris au sens large : ainsi une « machine » n'est pas nécessairement un ordinateur, mais peut être tout dispositif capable de réaliser des actions selon un mode opératoire défini : des exemples en sont un robot, un réseau, voire une machine virtuelle (une machine réelle dissimulée sous une couche de logiciel), ou tout simplement un boulier.

Une science ne se définit pas uniquement par son objet et ses concepts ; elle est également identifiée par sa démarche, par les méthodes qu'elle met en œuvre. De ce point de vue, l'informatique occupe une place originale parmi les sciences (Dowek, 2012). La démarche informatique (Wing, 2008) est caractérisée, entre autres, par le rôle central de l'abstraction et de la décomposition, par la séparation des préoccupations, par la modélisation et l'analyse, par la complémentarité et l'interaction entre théorie et expérience. On parle de « sciences numériques » à propos de la transformation de nombreuses disciplines par l'adoption de la démarche informatique et des outils conceptuels et techniques qui lui sont associés : physique, chimie, biologie, économie, linguistique, pour n'en citer que quelques-unes, présentent ainsi un nouveau visage. Plus généralement, c'est la société entière qui, par la large diffusion des objets et des applications informatiques dans les activités de tous les jours, devient « numérique ».

Comment introduire la science informatique par une approche muséale ? Une présentation abstraite *ex abrupto* a peu de chances de retenir l'attention. Il faut au contraire partir de notions familières au visiteur : les objets informatiques, aujourd'hui omniprésents, et les applications, largement connues de tous. Qui n'a pas utilisé un téléphone portable, consulté des informations sur le web ou fait des achats en ligne ? Et même l'utilisateur d'une automobile ou d'une simple machine à laver fait exécuter à son insu des programmes informatiques.

Nous faisons donc le choix d'une démarche inductive. À partir d'une application ou d'un objet usuel, nous amenons le visiteur à voir l'envers du décor pour dégager les grandes notions de base. Nous montrons ensuite l'universalité de ces notions, le fait qu'elles sous-tendent une variété d'objets ou de situations. Et nous invitons les visiteurs qui le souhaitent à aller un peu plus loin en leur faisant découvrir, toujours à partir de notions connues, comment est assuré le bon fonctionnement (efficacité, disponibilité, sécurité) d'un objet ou d'une application informatique.

Dans les sections qui suivent, nous montrons quelques exemples de l'application de cette démarche. Nous pensons que l'utilisation du virtuel (concept largement développé au sein même de l'informatique) offre de nombreux avantages (Aconit, 2000) pour l'élaboration des présentations : souplesse de mise en œuvre, diversité des points de vue et des parcours, capacité d'adaptation aux attentes et aux besoins des utilisateurs.

3. Introduire la science informatique : mise en œuvre

Pour illustrer la démarche que nous souhaitons appliquer, nous allons montrer comment dégager quelques notions de base de la science informatique à partir de la présentation, dans le cadre du musée virtuel, d'une application usuelle.

Cet exemple illustratif, bien que simplifié, a nécessairement un caractère technique qui peut en rendre l'accès malaisé à un lecteur non-spécialiste. C'est pourquoi, en préambule à sa description, nous en donnons une explication résumée, en termes plus accessibles.

L'application choisie est un site de vente en ligne ; nous détaillons plus loin les raisons de ce choix. Un premier temps de notre démarche peut se résumer ainsi :

- nous décrivons une version simplifiée de l'application et de la configuration matérielle sur laquelle elle est implantée, sous forme d'un ensemble de composants dont nous expliquons les fonctions et les interactions ;
- nous montrons comment donner une idée plus simple de cette structure encore relativement complexe, à travers une vue abstraite du traitement des requêtes d'un client unique ; cela nous permet d'introduire l'abstraction (et son complémentaire, le raffinement) comme un outil intellectuel permettant de maîtriser la complexité des systèmes construits.

À partir de l'analyse de l'organisation et du fonctionnement de l'application, nous dégageons quelques notions de base qui nous servent à rendre compte de cette organisation et de ce fonctionnement : information (la « matière première », support des connaissances), algorithme (un schéma pour le traitement de l'information), bases de données (mode d'organisation de l'information et outil d'accès à cette information), communication, interaction.

Rappelons que nous décrivons ici la démarche explicative que nous prévoyons de suivre dans le musée virtuel. À ce stade, nous avons donc introduit simplement plusieurs concepts de base de la science informatique et justifié leur utilité sur un

exemple. Nous montrons ensuite que ces concepts ont un caractère générique, en les appliquant à la description d'objets et d'applications informatiques variés.

Un deuxième temps (section 4) nous permet d'aller plus loin en montrant, toujours dans le cadre du musée virtuel, comment doter une application des propriétés qui la rendent effectivement utilisable : validité (elle fait ce qu'elle doit faire) ; performances (elle le fait efficacement) ; sûreté de fonctionnement (on peut lui faire confiance en toutes circonstances) ; ergonomie (elle est bien adaptée aux besoins des utilisateurs). Nous montrons que la garantie de ces propriétés est une tâche difficile pour laquelle sont requis des méthodes et outils reposant sur des avancées scientifiques. On est loin de l'image d'empirisme et de « bricolage » encore souvent attachée, notamment chez le public le plus jeune, à la perception de l'activité de développement de produits informatiques.

Nous donnons maintenant une vue plus technique de notre démarche. Rappelons que l'application choisie est celle d'un site de vente en ligne. Plusieurs raisons motivent ce choix.

- ce type d'application est largement répandu et utilisé et son interface avec les utilisateurs est relativement simple et intuitive ;
- l'architecture des sites de commerce électronique a été étudiée et raffinée depuis de nombreuses années, et son schéma d'implantation est bien connu.
- l'application est assez simple pour qu'on puisse expliquer de manière compréhensible les grandes lignes de sa réalisation, et assez complexe pour illustrer les principales notions que nous souhaitons introduire.

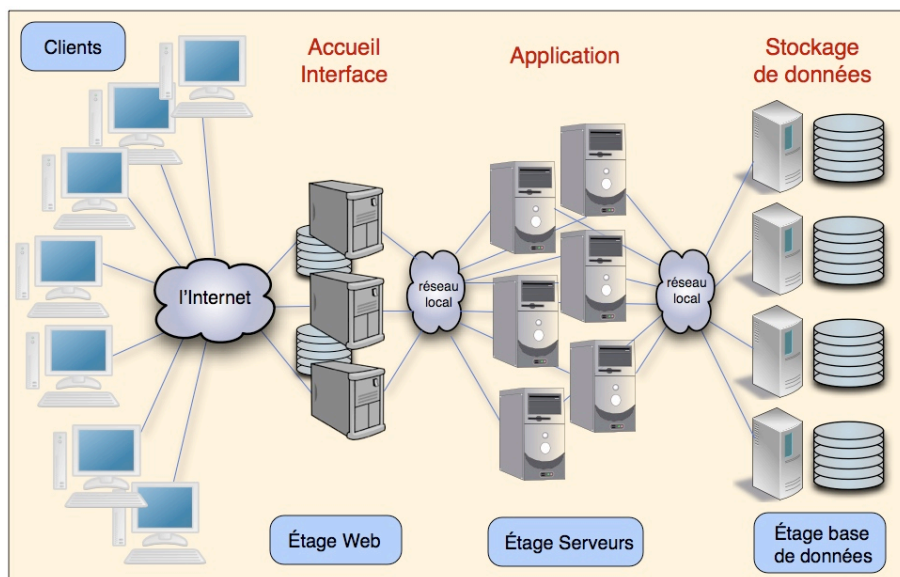


Figure 1. Un site de commerce électronique

Nous ne prétendons pas décrire un site particulier, mais un modèle générique simplifié représentatif du commerce électronique. La figure 1 montre à la fois le support matériel et l'organisation générale de l'application.

De gauche à droite, on voit sur la figure :

- les terminaux qui permettent l'accès au serveur par l'Internet ;
- les trois étages du site :

- l'étage web qui réalise l'interface présentée aux utilisateurs et le stockage des pages web qui changent relativement peu souvent (typiquement, les catalogues de produits mis en vente) ;

- l'étage des serveurs, qui met en œuvre l'application proprement dite, c'est-à-dire la réalisation des différentes fonctions accessibles aux utilisateurs (recherche de produits et de prix, commande, etc.), ainsi que la gestion interne du site (état des stocks, mise à jour des prix et produits, etc.) ;

- l'étage des bases de données, qui stocke l'ensemble des informations utilisées par l'application (état des stocks, tarifs, fichiers des clients, etc.).

On voit que chaque étage comporte de nombreux composants physiques (ordinateurs, batteries de disques), ce qui garantit à la fois les performances et la disponibilité du site (comme ce sera expliqué plus tard).

À cette vue physique, relativement complexe, on peut opposer une vue abstraite plus simple, montrant le cheminement d'une requête émise par un utilisateur (figures 2 et 3).

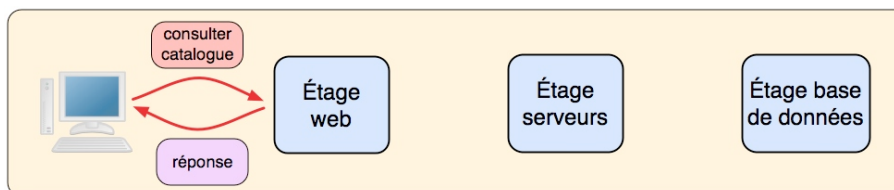


Figure 2. *Trajet d'une requête de consultation*

Sur la figure 2, on peut voir le cheminement d'une requête simple (consultation de catalogue) qui ne met en jeu que l'étage web. Le schéma est celui d'un simple échange de message par question-réponse. Le traitement se réduit à la recherche des pages du catalogue dans les fichiers locaux.

La figure 3 montre le traitement d'une demande d'achat pour un utilisateur particulier³. Cette fois, le message de requête transite entre les différents étages,

³ On doit expliquer ici que le système assure l'indépendance mutuelle du traitement des requêtes de ses différents utilisateurs ; c'est un aspect de la notion de transaction, développée par ailleurs. On peut alors raisonner sur une requête particulière comme si elle était seule à s'exécuter.

chacun étant le siège d'un traitement spécifique : gestion de l'interface dans l'étage web, traitement de la commande dans l'étage application, comportant une interaction avec l'étage stockage pour la consultation et la mise à jour des données (établissement de la facture, gestion des stocks). On note également une interaction avec le monde physique pour le lancement des opérations de livraison des produits commandés (dont la disponibilité a été au préalable vérifiée), pour le paiement de l'achat, et pour un éventuel réapprovisionnement.

Dans le cadre du musée, ces opérations sont présentées sous forme d'animations, avec les explications nécessaires.

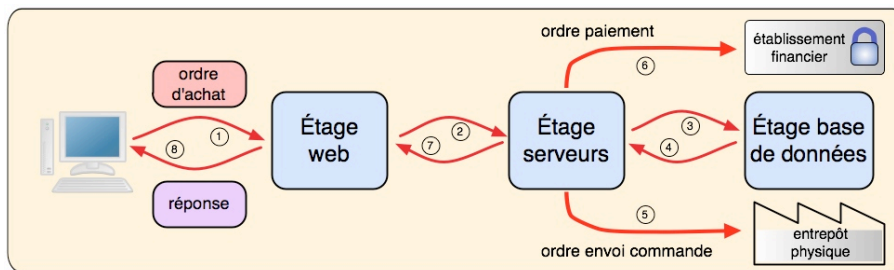


Figure 3. Trajet d'une requête d'achat

Comment à présent sont introduites les notions scientifiques ? Voici le principe de cette présentation.

– Le passage de la figure 1 aux figures 2 et 3 illustre la notion d'**abstraction**⁴ opération intellectuelle qui joue un rôle central en informatique. On montre qu'une réalité complexe peut être modélisée par un schéma abstrait simple, sur lequel on peut utilement raisonner. Une fois défini, à ce niveau, le schéma logique des actions, une étape de **raffinement** permet sa traduction en opérations effectives réalisées par les machines physiques. Si nécessaire, on introduit des niveaux supplémentaires pour faciliter la tâche. Le raffinement s'effectue ainsi dans des vues « à la loupe » des différentes parties du système avec des grossissements de plus en plus forts, les détails de mise en œuvre étant précisés à des niveaux de plus en plus fins.

– Le traitement d'une requête est montré comme une suite d'actions élémentaires, chacune déclenchée par la précédente. Ces actions suivent un programme préétabli, mais pouvant comporter des variantes selon la situation (comme le traitement du cas où un article demandé est indisponible). On retrouve là tous les ingrédients de la notion d'**algorithme**.

⁴ En toute rigueur, le découpage en trois étages schématisé sur la figure 1 résulte déjà d'un premier effort d'abstraction, tant pour l'aspect logique (définition des fonctions de chaque étage) que pour l'aspect physique (regroupement des machines selon leur fonction).

– Le traitement des données (catalogue, stocks, tarifs, factures, etc.) introduit le concept d'**information**, dont on peut expliquer deux aspects : la nécessité d'une organisation logique (la liste d'adresses des clients, les rubriques du catalogue, etc.), et le besoin d'un mode de stockage physique permettant la conservation et l'accès. En combinant ces deux aspects, on arrive naturellement à la notion de **base de données**.

– La communication du client avec le site, prise en charge par l'étage web, permet d'introduire la notion d'**interaction** (ici illustrée par le schéma requête-réponse). En découle la nécessité d'une **interface**, notion intuitivement familière à tout utilisateur d'un écran. Les principes d'ergonomie sont introduits dans une étape ultérieure (voir section 4).

L'application est réalisée par la collaboration de divers composants : les trois étages, et à l'intérieur de chacun d'eux, ses différents composants logiques et physiques. Ainsi est introduite la notion de **communication**, dont on peut en outre distinguer les aspects logiques (messages de requête et réponse) et les aspects physiques (transmission sur les réseaux). On retrouve la notion d'abstraction, développée ailleurs dans le musée à propos des protocoles de communication et du fonctionnement de l'Internet.

On a donc présenté, de manière intuitive, quelques notions importantes de la science informatique. On peut alors montrer que ces notions, introduites sur un exemple particulier, s'appliquent très largement à la compréhension générale du fonctionnement d'objets ou d'applications très divers. Des exemples en sont :

- un ordinateur,
- un téléphone portable,
- un robot,
- un jeu vidéo,
- une application usuelle du web, telle que Google,
- le web lui-même, en tant que support d'applications.

Les visiteurs qui souhaitent approfondir le sujet peuvent alors s'orienter vers une présentation plus systématique des notions de base de la science informatique : information, algorithme, machine, langage, dont chacune est développée en s'appuyant sur des exemples. Nous ne détaillons pas ici l'organisation de cette présentation. Le principe du traitement de l'aspect historique (comment ces notions sont progressivement apparues) est décrit dans la section 5.

4. Pour aller plus loin : rendre une application utilisable

Pour réaliser un système⁵ utilisable, il ne suffit pas de le construire. Il faut garantir qu'il possède diverses propriétés :

⁵ Nous utilisons le terme générique de « système », pour désigner aussi bien un objet matériel qu'un programme (logiciel de base ou application), ou qu'un ensemble matériel et logiciel.

- validité (le système fait-il ce qu'on lui demande ?),
- efficacité (le fait-il rapidement, en consommant peu de ressources ?),
- sûreté de fonctionnement (le système fournit-il son service en toutes circonstances ?),
- ergonomie (est-il adapté aux besoins et aux attentes des utilisateurs ?).

Nous souhaitons faire passer deux idées : ces propriétés ne se manifesteront pas « toutes seules » si on ne s'en occupe pas explicitement ; assurer leur garantie est une entreprise difficile pour laquelle est requis le secours des outils les plus avancés, tant conceptuels que techniques. La première idée n'est sans doute pas neuve pour un public familier des dysfonctionnements des produits et services qu'il utilise (transports, appareils ménagers, etc.). La seconde, en revanche, met l'accent sur la grande complexité des objets informatiques, qui fait que les difficultés rencontrées pour les rendre utilisables sont aujourd'hui encore très loin d'être maîtrisées.

Soit l'exemple de la **validité** : le système doit faire « ce qu'on veut qu'il fasse », et rien d'autre. Encore faut-il définir « ce qu'on veut qu'il fasse », et ce n'est pas si facile. Le langage naturel, encore souvent utilisé, n'est pas adapté à cette tâche car il est imprécis et ambigu. Il faut donc inventer un formalisme : modèle, langage de spécification, outils graphiques, etc. Supposant résolu le problème de la spécification (et ce n'est pas toujours le cas), il faut s'assurer que la réalisation est conforme à cette spécification. Ici encore diverses approches existent : test, construction raisonnée, preuve, dont chacune a son domaine d'application et surtout ses limites. Si nous sommes encore très loin d'une solution générale, des avancées notables ont été réalisées, qui reposent toutes sur des bases scientifiques solides : *model checking*, interprétation abstraite, assistants de preuve, dont on ne peut donner qu'une idée approchée car elles mettent en jeu des notions avancées. *A contrario*, on peut exhiber des exemples de systèmes défaillants largement popularisés en leur temps par les médias (l'échec d'Ariane 501, le *bug* du Pentium, d'autres encore), dont on a montré après coup que l'application de méthodes rigoureuses aurait pu assurer leur validité.

L'**efficacité** touche aux aspects quantitatifs des performances d'un système : temps de réponse, espace occupé, stabilité des performances, etc. C'est une qualité très directement ressentie par les utilisateurs. Garantir les performances repose avant tout sur les caractéristiques des composants matériels utilisés (vitesse, capacité de stockage, etc.), mais aussi sur l'application de méthodes de conception appropriées (raccourcir les circuits, bien utiliser l'information disponible, etc.) et sur l'usage d'outils de modélisation perfectionnés comme les modèles probabilistes ou les réseaux de files d'attente. Ces problèmes d'efficacité seront également illustrés sur des applications courantes : encore le site de vente en ligne, les jeux vidéo, un ordinateur, Google, etc.

La **sûreté de fonctionnement** garantit qu'un système assure « au mieux » sa mission en toutes circonstances, y compris en cas d'événement imprévu : défaillance, pic de charge, attaque malveillante. Le public est sensibilisé aux problèmes de pannes, de virus, de violation de confidentialité, d'usurpation

d'identité et autres situations indésirables. Ici encore, une approche scientifique commence à donner des résultats, même si on est encore très loin de maîtriser tous les problèmes. On peut ainsi montrer quelques avancées comme la cryptographie à clé publique, les techniques de tatouage, l'utilisation raisonnée de la redondance, les systèmes adaptatifs.

Dans le musée, ces aspects seront illustrés par des exemples de systèmes bien connus comme l'Internet, Google, des systèmes embarqués critiques, etc. L'exemple du site de vente en ligne, présenté plus haut, servira à illustrer la notion de transaction, outil (invisible) largement utilisé dans toutes les applications grand public, ainsi que l'usage de la redondance pour assurer la disponibilité du service.

L'**ergonomie**, adaptation du système aux besoins et aux attentes des utilisateurs, est sans doute l'un des aspects les plus familiers au public. Ici encore, les contre-exemples ne manquent pas. On mettra en évidence quelques principes de conception souvent violés : le choix des « bonnes » options par défaut en fonction des attentes exprimées ; l'uniformité (présentation et actions analogues pour fonctions analogues) ; la réutilisation à bon escient des informations disponibles ; la prévisibilité, etc.

En conclusion de cette section, nous adoptons pour les aspects étudiés ici la même démarche inductive que pour l'introduction des notions de base. Il reste à adapter le mode de présentation à la variété des situations qui viennent d'être évoquées.

5. Une approche historique

Comment les notions introduites jusqu'ici se sont-elles progressivement dégagées ? Une voie d'approche pour la compréhension des concepts est l'histoire de leur formation. Cette vision historique a plusieurs avantages :

- elle met en évidence le contexte dans lequel telle innovation conceptuelle ou technique est apparue, en réponse à un besoin, à la suite d'une intuition de génie, ou encore comme cristallisation d'idées encore « dans l'air » ;

- elle montre les étapes de l'évolution depuis les origines jusqu'à l'état actuel, et conduit à s'interroger sur une évolution future. Deux aspects de l'évolution nous paraissent particulièrement dignes d'intérêt :

- les rapports et les interactions entre les aspects scientifiques, techniques, industriels et sociétaux de l'informatique,

- l'histoire des impasses, des fausses-routes, des occasions manquées, qui est tout aussi instructive que celle des avancées et des succès.

- elle permet de faire connaître les grandes figures historiques de l'informatique, aspect qui a son intérêt propre ; on peut illustrer à ce propos différents modes d'avancement des connaissances et des techniques : prescience de l'évolution des besoins, capacité à capter et à concrétiser les idées non formulées, ou au contraire rupture radicale avec le mode de pensée courant, etc.

Sans entrer dans les détails, nous illustrons l'approche historique à l'aide de deux exemples schématiques de parcours prévus au sein du musée virtuel.

Un premier exemple est la notion d'**algorithme**, concept central de l'informatique. Les premiers algorithmes sont apparus dès lors qu'on a cherché à décrire rigoureusement un mode opératoire (initialement, un calcul) ayant un caractère générique. On cite ainsi, parmi les premiers algorithmes connus, celui inventé par Euclide vers l'an -300 pour le calcul du plus grand commun diviseur de deux entiers. Cet exemple est particulièrement intéressant car la réponse aux deux questions toujours d'actualité aujourd'hui pour tout algorithme (se termine-t-il ? donne-t-il le résultat attendu ?) se formule en termes élémentaires, compréhensibles par un lycéen. Une figure importante est celle du mathématicien et astronome arabe al-Khwārizmī, qui est le premier à aborder, dans les années 800, l'étude des algorithmes (terme dérivé de son nom) de façon systématique. Bien que de très nombreux algorithmes aient été inventés et décrits ultérieurement, surtout dans le domaine mathématique, il faut attendre les années 1930 et la création de la métamathématique par Gödel, Church, Kleene, Turing et d'autres, pour avoir une définition rigoureuse de la notion d'algorithme et le résultat d'indécidabilité du problème de la terminaison. Les travaux actuels s'attachent aux problèmes de la construction systématique et de la preuve des algorithmes, et l'on peut noter des avancées importantes dans les toutes dernières années (preuve de systèmes complexes tels qu'un processeur, un compilateur ou un noyau de système d'exploitation).

Un second exemple concerne la notion de **langage de programmation**, mode d'expression d'un algorithme pour une machine (qui peut être physique ou abstraite). L'histoire des langages est particulièrement riche (on dénombre des milliers de langages, dont seuls quelques dizaines ont eu une vie durable), et il est très instructif de montrer les motivations qui ont conduit aux différentes avancées, de même que les considérations, pas toujours rationnelles, qui ont conduit au succès ou à l'abandon de tel ou tel langage.

Ces deux exemples illustrent parfaitement l'importance du substrat scientifique, souvent ignoré ou mésestimé, qui est à la base d'avancées concrètes dont l'importance pratique est considérable. Bien d'autres parcours sont tout aussi instructifs à cet égard (les machines, l'information, les bases de données, les réseaux, la robotique, etc.).

6. Conclusion

Les idées développées dans cet article ne sont encore qu'à l'état de propositions et n'ont pas été validées par l'expérience. Elles seront mises en œuvre dans les prochains mois, au cours de la construction d'une première version d'un musée virtuel de l'informatique. Nous sommes conscients des difficultés de cette entreprise, qui nous paraissent être de deux ordres.

– Difficultés conceptuelles. Le choix de l’approche inductive (partir d’applications et d’objets connus pour introduire les concepts scientifiques) est un pari. La définition des différentes étapes et leur articulation demanderont sans doute une mise au point après évaluation. Enfin, comme dans toute démarche de vulgarisation, l’équilibre devra être maintenu entre rigueur scientifique et simplification didactique.

– Difficultés pratiques. La présentation des exemples devra être suffisamment attractive pour ne pas décourager la poursuite des visites. Cela implique une élaboration rigoureuse de la mise en images des exemples et de la progression des explications, notamment par l’utilisation bien pensée des supports visuels et auditifs. Nous aurons besoin du concours de spécialistes de ces techniques.

Nous pensons que notre démarche présente un caractère original, car les musées virtuels existants pour l’informatique sont essentiellement articulés autour de collections d’objets, les présentations mettant surtout l’accent sur les aspects techniques. D’un autre côté, il existe des présentations des concepts scientifiques de l’informatique, mais elles ne sont généralement pas orientées vers le grand public.

Une fois réalisée une première version de notre présentation, nous pensons l’expérimenter auprès de publics divers : lycéens, étudiants, grand public, professionnels de l’informatique, en collaboration avec des spécialistes de la médiation culturelle et scientifique. Nous pourrions ainsi juger de la pertinence de notre approche et recueillir les informations qui nous permettront de l’améliorer.

Références

- Aconit (2012). Vers un musée virtuel de l’informatique, *Colloque « Vers un Musée de l’informatique et de la société numérique en France ? »*, Paris, novembre 2012.
- Dowek G. (2011). Les quatre concepts de l’informatique, *Didapro 4*, octobre 2011. Voir <https://who.rocq.inria.fr/Gilles.Dowek/philo.html>
- Dowek G. (2012). L’informatique dans la classification des sciences. *Séminaire « Philosophie de l’informatique, de la logique et de leurs interfaces »*, École normale supérieure, 30 janvier 2012. Voir <https://who.rocq.inria.fr/Gilles.Dowek/philo.html>
- Wing J. (2008). La pensée informatique, *Bulletin Specif n° 60*, décembre 2008. Voir <http://www.specif.org/bulletins/specif060.pdf>

Les auteurs

Sacha Krakowiak est professeur émérite à l’université Joseph Fourier (Grenoble). Il a travaillé dans le domaine des systèmes d’exploitation, du génie logiciel et des systèmes et applications répartis. Il s’intéresse actuellement à l’histoire de l’informatique et à sa vulgarisation.

Jacques Mossière est professeur émérite à Grenoble INP. Il a dirigé l’École Nationale Supérieure d’Informatique et de Mathématiques Appliquées de Grenoble (ENSIMAG) ainsi que le laboratoire de Génie Informatique de Grenoble. Il a mené des recherches en systèmes d’exploitation et systèmes répartis.

Jean-Pierre Verjus est professeur honoraire à Grenoble INP. Il a créé et dirigé deux centres de recherche d'Inria : Rennes - Bretagne Atlantique et Grenoble - Rhône-Alpes, et mené des recherches dans le domaine des langages et systèmes informatiques. Il est actuellement conseiller du président d'Inria et président du conseil scientifique d'Aconit.

Homo Calculus

Michel Mouyssinat

71 rue aldona F- 33400 Talence
mmouyssinat@hotmail.com

RÉSUMÉ. On présente le projet de musée du calcul qui s'inscrit dans le cadre du futur musée national de l'informatique, candidat pour en constituer une de ses futures vitrines. Les points forts de ce projet sont d'une part la qualité des pièces exposées (machines, instruments, documents et ouvrages) qui seront décrites ici et l'exposition Homo Calculus qui les présente avec succès depuis plus de 15 ans dans la communauté scientifique bordelaise et qu'il accueillera de façon permanente. Deux fortes personnalités ont marqué l'histoire du calcul: Maurice d'Ocagne, mathématicien et Lucien Malassis, habile mécanicien, et célèbre collectionneur. On donne ici, pour la première fois, en lui rendant hommage, une courte biographie de Lucien Malassis (1869 – 1951) et on rappelle qu'il a été longtemps conseiller technique du Conservatoire des Arts et Métiers et qu'il a fortement contribué avec Maurice d'Ocagne à la collection du musée du CNAM.

ABSTRACT: This is the presentation of the calculus museum project that will be a part of the future National Museum of Computing. It is a candidate to the future museum's show windows. The main strengths of this project are, first of all, the high quality of the pieces exposed (vintage mechanical calculators, instruments, documents, articles and books), which are described below, and the Homo Calculus Exhibition, that has been successfully presenting them for more than 15 years, in the scientific community of Bordeaux. Two important people leave their marks in the History of calculus: Maurice d'Ocagne, a very well-known mathematician, and Lucien Malassis, a very skilled engineer and a famous collector. For the very first time, in tribute to Lucien Malassis (1869-1951) you will discover his biography, in which we recall that he was a technical advisor of the National Conservatory of Arts and Crafts, and that his work and Maurice d'Ocagne's, contributed a lot to the CNAM Museum's collection.

MOTS-CLÉS : Musée du calcul – Histoire du calcul – L. Malassis – M. d'Ocagne – Léon Bollée – Collection Malassis – Coollection IBM – CNAM – Musée du CNAM – Musée de l'informatique

KEYWORDS: Calculus Museum – History of Calculus – L. Malassis – M. d'Ocagne – Léon Bollée – Museum of Computing – Computer History Museum – Malassis Collection – IBM Collection – CNAM Museum's Collection

1 Introduction

L'ordinateur ne descend pas directement du boulier ou de la machine de Pascal, pour Philippe Breton (Breton, 1993) il reste l'héritier d'anciennes traditions, au

nombre de quatre⁶, parmi lesquelles, celle du calcul, pour répondre aux besoins des scientifiques, du monde des affaires et des militaires.

Et l'histoire de l'ordinateur n'est pas l'histoire de l'informatique. Mais en présentant l'histoire du calcul, les scientifiques, ingénieurs et inventeurs, qui l'ont profondément marquée et quelques grands défis que l'homme s'est imposés dans le domaine du calcul, l'exposition Homo Calculus contribue, au côté d'autres initiatives, à écrire et à illustrer, une page importante de ce qu'il est convenu d'appeler aujourd'hui la préhistoire de l'informatique.



C'est au milieu du 19^{ème} siècle, à la suite des succès de Thomas de Colmar avec son arithmomètre inventé en 1820 que l'industrialisation de la machine à calculer fait ses débuts en même temps que se répand son usage, que les besoins de calcul augmentent et se diversifient et qu'un nouveau marché est créé. D'un foisonnement sans précédent d'idées novatrices sont nés une multitude de prototypes de machines ou proposés de nombreux perfectionnements. Cette époque, également marquée par l'accélération technologique, le progrès industriel et l'importance de la vulgarisation scientifique et technique est passionnante car de nombreux acteurs sont présents : inventeurs, ingénieurs, scientifiques, industriels, institutions, et parmi eux de fortes personnalités, d'habiles ingénieurs et des inventeurs de génie.

Homo Calculus est en premier lieu une collection sur le thème du calcul, fortement marquée par la fin du 19^{ème} siècle et le début du 20^{ème}, aussi bien pour ce qui concerne les objets qu'elle réunit, que les personnalités qui ont animé les débats scientifiques et techniques, dont elle s'efforce de rendre compte des travaux à travers leurs ouvrages, publications, lettres, dossiers techniques, etc.

Nous décrivons la collection, l'exposition, qui met en scène une partie du contenu, et présentons deux grandes figures : Maurice d'Ocagne, mathématicien, et Lucien Malassis, spécialiste des machines à calculer, érudit, resté célèbre pour la remarquable collection de machines qu'il avait réunie, la première au monde et la plus importante. Nous nous intéressons à l'histoire de cette collection car elle n'est

⁶ Une seconde tradition qui conduit à l'ordinateur est bien entendu celle des automates et on notera que l'illustre mécanicien Vaucanson célèbre dès 1748 comme constructeur d'automates est aussi à l'origine de ce musée des techniques qui accueille le colloque. Nous voulons y voir un signe de bon augure pour ce projet de musée de l'informatique.

pas terminée et présentons le projet de musée du calcul, candidat pour constituer une des vitrines du futur musée de l'informatique et nous ne doutons pas du succès de ce grand projet, que nous sommes heureux d'accompagner.

2 La collection et l'exposition Homo Calculus.

Cette collection qui réunit aujourd'hui plus de 1500 objets: instruments et documents, a toujours cherché à maintenir un certain équilibre entre les objets technologiques, instruments, machines et les documents : ouvrages, publications scientifiques, documents techniques, plans, etc., de façon, quand c'est possible, à mettre en relation objets technologiques et activités scientifiques.

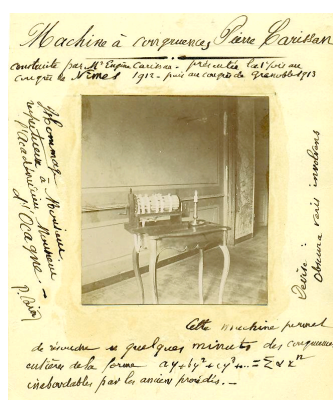
Les machines et instruments constituent un ensemble très cohérent et complet, depuis les premières aides au calcul : jetons et bouliers, jusqu'aux premiers micro-ordinateurs des années 1980. Quelques remarquables pièces, comme une collection d'arithmomètres, dont un de Thomas de Colmar, des instruments de Léon Bollée accompagnés de lettres autographes, quelques rares machines à crypter, des planimètres, les instruments de la rhabdologie de Néper et de Genaille, etc. enrichissent cet ensemble digne d'être présenté au public, d'où les nombreuses expositions et le projet de musée.

Le fonds documentaire dont un certain nombre de pièces seront exposées, parmi lesquelles: dossiers originaux des inventeurs, plans, lettres et documents autographes, publications, ouvrages rares, etc. revêt lui aussi, par sa qualité, une très grande importance. Il réserve de belles surprises car une grande partie de ce fonds a une histoire. Il est issu de la documentation qui avait été réunie par Lucien Malassis, lequel, comme on va le voir, avec sa collection de machines et sa documentation, participe aussi à l'histoire de la collection du musée des arts et métiers⁷ sans doute la plus riche au monde.

De plus, nous donnerons, pour la première fois, ici, quelques éléments de sa biographie et lèverons un peu le voile sur ce personnage, hors du commun, discret, resté jusqu'ici dans l'ombre, dont on ne connaissait de lui que sa célèbre collection.

⁷ L. Malassis fera don au musée du CNAM de 13 instruments de calcul dont certains de sa fabrication, de 3 horloges remises par sa veuve Eugénie Veissière en 1952 et de 18 photos. C'est Léon Lalanne, (1811-1892), spécialiste du calcul graphique (on lui doit le mot 'abaque') qui avait le premier contribué à la collection d'instruments de calcul du musée du CNAM, en souhaitant que son action soit poursuivie. Après lui Edouard Lucas, célèbre mathématicien, est le principal donateur : «Avec le concours bienveillant de Monsieur Le colonel Laussédad directeur du Conservatoire, avec la générosité des inventeurs et des constructeurs, avec le concours des savants les plus illustres, j'ai pu réunir au Conservatoire une importante collection de tableaux, d'appareils et de machines» (conférence de Edouard. Lucas au Conservatoire du 24 novembre 1889). Maurice d'Ocagne et de nombreux fabricants de machines y contribueront par la suite. En 1882 à la date de publication du catalogue, la collection comprenait 39 objets divers. Celui de 1906 recense environ 300 instruments ou documents sous le titre: instruments de calcul, salle N° 52, et le catalogue de 1942, édité à l'occasion de l'exposition de machines à calculer, plus de 300 objets (CNAM, 1942).

Nous avons présenté Homo Calculus pour la première fois en octobre 1995, à Talence, dans le cadre de la science en fête du CNRS. Elle exposait les pièces mentionnées plus haut, mais aussi: le dossier autographe des frères Carissan, auteurs de la célèbre machine à congruences⁸ à laquelle un panneau était consacré, des ouvrages rares de Néper, prêts de la bibliothèque universitaire, une collection de tables de logarithmes anciennes et des lettres autographes de grands scientifiques ou d'ingénieurs : Léon Bollée, Lucien Malassis, Prony, Delambre, Delalande, Monge, Maurice d'Ocagne, Le Verrier, De Broglie, Babbage, ...les premières publications de Turing, Babbage, Torres de Quevedo et un exemplaire de 'Automata Studies', édité en 1956 par Shannon et J. McCarthy, qui réunit les articles fondateurs d'une science en émergence qui va bientôt devenir l'informatique.



Machine Pierre Carissan – premier prototype – hommage à Maurice d'Ocagne

Aujourd'hui, Homo Calculus, est itinérante, s'expose sur 200 m² avec 30 panneaux, autant de posters, 370 objets, 5 ateliers, nécessite une vingtaine de vitrines et 45 mètres linéaires. Plus d'une vingtaine de thèmes sont présentés qui constituent autant de parcours avec une bonne iconographie, des pièces exposées avec une notice détaillée et des panneaux explicatifs.

⁸ La machine des frères Carissan, qui permet de résoudre des équations en entiers et de réaliser des tests de primalité, fabriquée en un seul exemplaire par la maison Château Frères à Paris en 1919 (à la suite de 2 prototypes) était la propriété de l'Université Bordeaux I, à l'observatoire de Floirac. Elle a été retrouvée en 1995 par François Morain, professeur à Polytechnique, remise à la famille des descendants des frères Pierre et Eugène Carissan, qui en a fait don au musée du CNAM. Nous l'avons présentée pour la première fois en public, objet d'un prêt, dans le cadre de l'exposition 'Mille et Un chiffres' organisée par Cap Sciences, à Bordeaux, de novembre 1996 à avril 1997. Elle a probablement reçu à cette occasion, pendant près de 6 mois, plus de visites qu'elle n'en avait eues depuis sa fabrication en 1919, sa première exposition en 1920, jusqu'à ce qu'elle tombe dans l'oubli. L'exposition Homo Calculus en 1995, lui consacrait un panneau et une vitrine en présentant les travaux, photos et manuscrits, des deux frères inventeurs. Nous avons donné la première description de la machine de Carissan (Mouyssinat, 1995) en exploitant le dossier technique laissé par les inventeurs. Ce dossier qui avait été adressé à Maurice d'Ocagne (avec la photo ci-dessus) par les deux frères figurait dans le fonds Malassis. Nous avons également collaboré pour le chapitre consacré à la machine de Carissan avec Hugh C. Williams, (Williams, 1998).

Homo Calculus est à l'origine de l'exposition "Mille et Un Chiffres", de Cap Sciences, qui exposait sur plus de 1000 m², de Novembre 1996 à Avril 1997, en accueillant 15 000 visiteurs. Dans une version minimale elle a été présentée au Vietnam, à Hanoi et à Ho Chi Minh Ville, et par la suite, à partir de 2001, à l'Université Bordeaux1, soit depuis 1995, une douzaine d'éditions.

La collection Homo Calculus, par le nombre et la qualité des pièces réunies, par son niveau scientifique, est sans aucun doute aujourd'hui parmi les plus complètes et les plus riches des collections. La conservation de ces objets et leur présentation revêtent donc une importance toute particulière en participant à l'inventaire, la valorisation et la sauvegarde de notre patrimoine scientifique et technologique.

3 L'histoire du calcul, déjà écrite par Maurice d'Ocagne

C'est dans son célèbre ouvrage *Le calcul simplifié* (Ocagne, 1905) dont la première édition en 1893 reprenait le contenu de ses conférences faites au CNAM sur les instruments de la collection du musée, que Maurice d'Ocagne (1862–1938), mathématicien, présente l'état de l'art dans le domaine du calcul, en même temps que l'historique des instruments et procédés de calcul.



Il a commencé sa carrière à sa sortie de Polytechnique en 1882 aux ponts et chaussées et en 1893 il enseigne l'astronomie et la géodésie à Polytechnique. Maurice d'Ocagne que ses élèves appellent M. d'O. occupera par la suite la chaire de géométrie à Polytechnique et de topométrie à l'Ecole nationale des ponts et chaussées. On retiendra par rapport au thème qui nous intéresse ici ses travaux dans le domaine du calcul graphique dont il fait un nouveau corps de doctrine: la nomographie, et son importante contribution au développement d'outils de calcul sur le principe des abaques, pour venir en aide, notamment, aux ingénieurs et militaires.

Maurice d'Ocagne, parfaitement à cheval sur le 19ème et le 20ème siècle, bien dans son époque, a été témoin de la révolution la plus décisive dans le domaine du calcul depuis les premières machines mécaniques des années 1850, héritées de celles de Pascal et de Leibniz, aux premières réalisations et travaux scientifiques qui préparaient l'arrivée des premiers ordinateurs. Admis à l'Académie des sciences en 1922, il devient le rapporteur pour tout ce qui touche le calcul et les machines et

l'expert reconnu et incontournable du domaine. Il est de plus un grand journaliste scientifique, un vulgarisateur, il multiplie les conférences auprès de la communauté scientifique et du grand public, participe à des manifestations⁹, des expositions, ... et son ouvrage, traduit en plusieurs langues, réédité en 1905 et 1928 depuis 1893, connaît un très grand succès pendant plus d'un demi-siècle.

Témoin de cette évolution, a-t-il été acteur et moteur ? A-t-il réellement évalué les nouveaux enjeux, considérables et cette rupture qu'annonçaient les premières applications de l'électromécanique et les premiers travaux scientifiques dans un domaine qui allait devenir quelques années plus tard l'informatique ?

Cette notoriété lui vaut de nombreux contacts avec des inventeurs qui soumettent leurs projets de nouvelle machine ou d'amélioration. Il s'entoure de deux experts : Lucien Malassis et Jean Vézès¹⁰. Il sollicitera aussi Léon Bollée, également expert¹¹ dans le domaine des machines à calculer, mais celui-ci, après ses premiers et rapides succès, de 1889 à 1895, s'intéressera par la suite davantage à l'automobile, puis à l'aviation, jusqu'à son décès en 1913 à 43 ans.

Maurice d'Ocagne aidé de ses experts, met en place une véritable activité de veille technologique. Il échange avec eux de nombreux courriers. Lucien Malassis a conservé, notamment, des dossiers d'inventeurs sur lesquels il a dû réaliser une expertise et de nombreuses notes et publications, qu'il lui a fait parvenir.

⁹ Il préside les expériences scientifiques et pratiques du 16 janvier 1924 quand le célèbre calculateur prodige Inaudi est en compétition avec des machines à calculer. Il assiste au concours de machines à calculer du 24 août 1921.

¹⁰ Jean Vézès, ancien élève de Maurice d'Ocagne à Polytechnique est ingénieur chez Burroughs. Il préparait en 1928 un traité sur les machines à calculer. Il est l'auteur d'une série d'articles techniques dans la revue 'Mon Bureau' dirigée par Gaston Jacques Ravisse.

¹¹ Léon Bollée (1870-1913) lui avait adressé plusieurs lettres dans lesquelles il donnait son avis sur les machines existantes et décrivait quelques appareils de son invention avec les schémas dans la marge. Lettre du 9 mars 1993 : *«Je vous porterai aussi différents appareils de mon système et je me ferai un plaisir de vous expliquer la théorie de la machine de Tchébicheff que je n'ai plus présente à la mémoire mais dont je retrouverai rapidement les détails. J'ai aussi étudié l'appareil de Jayet et Maurel qui est beaucoup plus curieux et qui n'était pas loin de la perfection. Je puis aussi vous donner des renseignements sur toutes les machines actuellement dans le commerce tant en France qu'à l'étranger.»* A propos de l'arithmaurel (machine de Maurel et Jayet), il ajoute : *«celle de Tchébicheff en est une très mauvaise copie»*. Maurice d'Ocagne qui reconnaissait le génie de Léon Bollée écrira que selon lui, seul Léon Bollée aurait pu terminer le montage de la machine de Babbage restée comme on le sait longtemps inachevée. Léon Bollée, inventeur à 18 ans de la première machine à multiplier directement, médaille d'or à l'exposition universelle de 1889, avait également entrepris la réalisation d'une machine à différences sur le modèle de celle de Babbage. Malade du cœur, il meurt prématurément à 43 ans. On trouvera dans (BSEI, 1920) une présentation des travaux de Léon Bollée et on découvrira dans (Bollée, 2011) la saga d'une exceptionnelle famille d'inventeurs et d'ingénieurs.

4 Lucien Malassis

Lucien Malassis (1869–1951) s’est surtout fait connaître par sa remarquable collection d’instruments et de machines à calculer. On fait parfois aujourd’hui encore référence à la collection Malassis lors de ventes de machines à calculer de collection. On sait en fait assez peu de choses sur lui. On a même longtemps ignoré le prénom de celui qui le plus souvent était appelé L. Malassis, notamment, dans les ouvrages de Maurice d’Ocagne, et incorrectement, Louis Malassis, par IBM, qui rachètera plus tard sa collection (IBM, 1987).



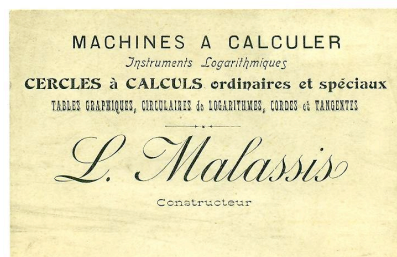
M. Anatole de Monzie, ancien ministre, président du Conseil d’administration du CNAM, Lucien Malassis, à l’exposition de la mécanique en 1942, devant la machine de Pascal

C’est grâce à des documents de première main, retrouvés dans ses archives, et à de patientes recherches que nous sommes parvenus à établir cette brève biographie et nous sommes heureux de lui rendre hommage et d’apporter ici quelques éclairages sur sa vie et son œuvre.

Ses origines sont modestes, son père est ouvrier dans une filature de l’Eure et sa mère repasseuse. Nous ne savons que très peu de choses de son parcours professionnel. Quand commença-t-il à s’intéresser aux machines à calculer et instruments de calcul ? et comment avait-il pu constituer une collection aussi prestigieuse, autant par le nombre, que par la qualité des pièces qu’il avait réunies ? Mais aussi comment avait-il pu acquérir cette notoriété et atteindre ce haut niveau d’expertise et d’érudition que Maurice d’Ocagne a loué pendant une quarantaine d’années ? Lorsqu’il se marie en 1895, il est, pour l’administration, employé de commerce. Maurice d’Ocagne, dans son ouvrage *le calcul simplifié*, édition de 1905, fait déjà référence à plusieurs machines prototypes qui lui ont été présentées par L. Malassis. Il pourrait être géomètre, c’est ce qu’indique le courrier qu’il reçoit en Seine et Oise, avec l’exemplaire de la revue mensuelle des géomètres-experts et que viendrait confirmer un article très technique qu’il publie dans *La Revue du Bureau*, signé L.M.

En 1924, il est collaborateur des établissements Paillard, à l’usine de Bury, qui fabrique des meubles de bureau. Une carte de visite indique qu’il est constructeur

d'appareils de calcul. Sa collection contient en effet des instruments logarithmiques, cercles et règles de sa main et quand Maurice d'Ocagne le cite, il écrit: «*L. Malassis, conseiller technique du Conservatoire, lui-même auteur de diverses inventions de ce genre et grand érudit en tout ce qui concerne les divers procédés de calcul, anciens ou modernes.*»



Mais des photos le montrent aussi dans un atelier d'horlogerie, sur un tour, en train de fabriquer une pièce. Il était sans doute un peu tout cela à la fois, son expertise d'habile mécanicien et d'inventeur a dû lui permettre de se constituer une clientèle en travaillant pour son propre compte. Mais ce qui surprend, c'est son érudition, sa connaissance des textes anciens, ses recherches d'ouvrages rares, de publications, par exemple les premières relatives aux abaquages, que nous avons retrouvées, les tirés à part des comptes-rendus de l'Académie des sciences, les articles de référence. Il est dans cette démarche un véritable scientifique. Dans sa lettre du 4 novembre 1919 au Président de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, pour le convaincre d'exposer des machines à calculer, car on découvre que c'est lui qui est à l'origine de cette manifestation qu'elle organisera du 5 au 13 juin 1920, à son siège 44 rue de Rennes, à Paris, il écrit :

«J'ai voué pour ainsi dire un culte aux machines et instruments de calcul. J'en ai réuni plus de 200, et j'ai à peu près autant de documents imprimés, ou manuscrits originaux sur la question».

C'est cette exposition, en l'honneur de Thomas de Colmar pour fêter le centenaire de l'invention de son arithmomètre, qui a permis à Lucien Malassis, personnage central de cette manifestation, d'acquérir en quelques jours une reconnaissance et une immense notoriété.

Il participe à l'exposition rétrospective du 20 décembre 1924 de la chambre syndicale de la mécanographie, à l'exposition organisée au CNAM en 1942, (CNAM, 1942), il expose au Science Museum de Londres¹². Il fera don à ce musée entre 1927 et 1938 de 13 instruments de calcul. C'est lui qui remet en ordre de marche la machine de Pascal du Conservatoire¹³. Il obtient en 1932, un prix de

¹². 'The Times' du 12 mai 1936 : A well known french amateur collector, M. L. Malassis, has presented to the museum a small collection of early aids to calculation, which have been placed on exhibition near the latest types of calculating machine.

¹³. Maurice d'Ocagne en rendra compte à l'Académie des Sciences car, à l'occasion de cette réparation, Lucien Malassis découvre un principe mécanique qu'on croyait mis en œuvre,

l'Académie des Sciences «pour ses inventions et ses travaux d'érudition dans le domaine des machines à calculer».

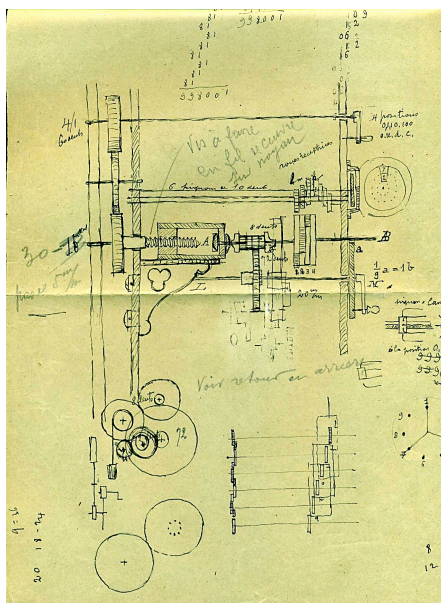


Schéma de la machine de Poléni (1709) dont L. Malassis étudie le fonctionnement

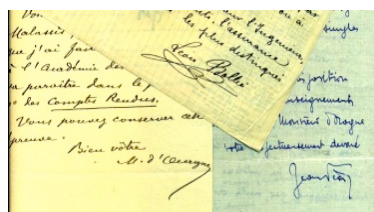
5 Histoire de la collection Malassis

Lucien Malassis meurt en 1951, sa collection est rachetée par André Chauvin¹⁴ de la société Y. A. Chauvin, distributeur de machines et matériel de bureau. C'est elle qui présentera au SICOB, en 1959, la première reconstitution de la machine à calculer inventée par W. Schickard en 1623, année de naissance de Pascal.

beaucoup plus tard, pour la première fois, sur la machine du docteur Roth en 1843.

¹⁴ André Chauvin, président de la Chambre syndicale de l'organisation Commerciale avait présenté une conférence, lors de la commémoration du tricentenaire de la machine à calculer organisée au CNAM en 1942, qui avait pour titre : Les machines comptables. (voir Blanchard et al., 1942). Une autre personnalité était invitée : Louis Couffignal, directeur du laboratoire de calcul mécanique du CNRS. Sa conférence sur les machines à calculer qui précédait celle d'A. Chauvin était organisée en deux parties. La première retraçait rapidement l'historique des machines, la seconde partie ouvrait de nouvelles voies sous le titre : de la machine à calculer à la machine à raisonner. Une démonstration très claire lui permet de conclure : «La logique toute entière est donc mécanisable.» On le suit plus difficilement quand il aborde ensuite la question de l'infini et qu'il fait référence aux travaux de Herbrand, brillant logicien, il aurait pu aussi bien citer Turing. C'est un exposé de scientifique et de chercheur, on est loin déjà, des machines que va présenter A. Chauvin.

A la suite du décès d'André Chauvin en 1970 son fils Jacques confie le soin de vendre l'ensemble des pièces de la collection à Alain Brieux, en 1974. Son expertise, (le catalogue d'A. Brieux de 1984 comporte 305 entrées) durera une dizaine d'années et c'est en 1984 qu'IBM Europe fera l'acquisition d'une grande partie de cette collection. D'autres pièces ont été vendues séparément, par exemple une machine MULTI (1900), le prototype en bois du calculateur Klaczko (1913), le cercle à calcul Beauvais (1910) des arithmomètres, et des documents. Alain Brieux a édité un catalogue (Brieux, 1986) qui présente une soixantaine de ces machines.



Maurice d'Ocagne, Léon Bollée, Jean Vézès

Le musée du CNAM a également bénéficié d'une partie de cette collection pour compléter la sienne. Cette collection IBM Europe (Mounier-Kuhn, 1993; IBM, 1987) a fait l'objet de nombreuses expositions. L'association AMISA, bénéficiant d'un prêt, avait exposé à Sophia Antipolis, pendant plusieurs années, quelques belles pièces. Elles ont été retournées à IBM Europe dont les actifs viennent d'être vendus. Depuis, nous n'avons pas pu, malgré nos recherches, savoir ce qu'était devenue cette collection, qui aurait été acheminée aux USA.

Comme nous venons de le voir, Lucien Malassis et sa collection, restent encore, tous deux, un siècle plus tard, entourés de mystères et soulèvent toujours de nombreuses interrogations. Nous souhaitons, avec un peu de temps, pouvoir apporter de nouvelles réponses.

6 Le projet de musée du calcul



La maison Veillon, cette grande chartreuse de style arcachonnais est bien connue à Talence près de Bordeaux. Son premier étage pourrait être mis à disposition par son propriétaire pour accueillir, sur environ 160 m², l'exposition homo calculus de façon permanente, et devenir le musée du calcul.

La gestion et l'animation de ce musée sont confiées à une association de type loi 1901 dont les membres sont: l'Université Bordeaux1, l'école d'ingénieurs

ENSEIRB, l'établissement Leclerc de Talence, Michel Mouyssinat et la ville de Talence, avec pour objectif, de promouvoir la culture scientifique et technique, dans les milieux de l'enseignement, auprès du grand public et plus généralement dans la société. Elle s'efforcera de sensibiliser le plus tôt possible les jeunes à la culture scientifique et de mener des actions dans le but d'accroître l'attractivité des sciences.

Ce musée veut rompre avec les musées traditionnels, lesquels demeurent le plus souvent centrés sur la conservation dans une présentation qui reste disciplinaire et frontale (voir Giordan, 2008). Il veut développer de nouveaux rapports au savoir et va bénéficier des nouvelles recherches menées dans le domaine de la médiation scientifique et technique et des nouvelles technologies. Il va bénéficier en outre de l'appui de Cap Sciences dont l'expertise aujourd'hui est très largement reconnue. L'universalité du calcul et sa transversalité par rapport à tous les domaines scientifiques permettent de s'adresser à un très large public scientifique. Mais les objets et documents exposés, les thèmes présentés, devraient susciter des questions, des problématiques et des réflexions qui relèvent d'autres domaines. Le contenu de cette exposition doit être vu comme un matériel pédagogique que devront s'approprier des enseignants des écoles et lycées, mais aussi de l'enseignement supérieur et les champs couverts peuvent alors être très étendus, des mathématiques et de l'informatique aux sciences sociales.

Pour les jeunes enfants, puisque le but est de les attirer nombreux vers la science et la technologie des ateliers et des animations permettent d'aborder les nombres, leur représentation et leur manipulation dans le calcul de façon ludique. Un partenariat avec le rectorat de Bordeaux permettra de promouvoir ces actions dans les établissements de la Région.

Une exposition itinérante comprenant des objets exposés, des panneaux et iconographie, des ateliers, permettra d'aller à la rencontre des publics, de relayer et d'animer sur place dans les établissements de la région Aquitaine les activités du musée. On n'est pas très éloigné du projet CALCULIBUS consistant à présenter l'exposition itinérante installée dans un bus aménagé qui avait fait l'objet en 2004 d'une étude de faisabilité.

Un site Internet permettra aux différents acteurs, de mener des projets pédagogiques, de partager des ressources, de réaliser des animations interactives, des jeux en ligne (concours de bouliers par exemple) d'échanger des retours d'expériences et de coopérer en France ou à l'étranger, et dans le réseau du musée national de l'informatique avec lequel des actions communes seront engagées.

En attendant sa création, les éléments suivants sont disponibles:

- liste descriptive des pièces exposées regroupées par thème;
- site web : L'exposition, plus exactement ses panneaux (texte et iconographie) regroupés par thème, sont accessibles sur le web à l'adresse: <http://www.leon-bollee.edu.vn/page-homocalculus-fr.html>

- Cd-rom : Un Cd-rom de l'exposition est disponible, avec le contenu du site web et en outre des ateliers et exercices simulant l'usage d'instruments anciens: jetons à calcul, bâtons de Néper, réglettes de Genaille;
- KIT Calculus: pour l'apprentissage ludique du calcul;
- Conférence : histoire du calcul, durée 1 h 30, illustrée.

Prix: Le KIT Calculus et le Cdrom ont obtenu une médaille d'argent au salon Educatec 1999 dans le cadre du concours pour la promotion de produits didactiques.

Bibliographie :

Blanchard et al. (1942). *Le calcul Mécanique et la comptabilité*. C.N.O.F.

Bollée (2011). *Il était une fois les Bollée, hommes de légende*. Le Mans Racing.

Breton, (1993). Philippe Breton. *Pour une approche multidimensionnelle de l'informatique*. La Revue – Conservatoire national des arts et métiers. Paris, février 1993, pages 4 – 9, BCX, BNF, BSG

Brieux (1986). *Calculus*. Collection de machines à calculer et de systèmes de calcul. Documentation. Librairie Alain Brieux. Paris. (BSEI, 1920) Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale. septembre/octobre 1920. N° 134 (CNAM, 1942) *Conservatoire National des Arts et Métiers. Catalogue du musée* Section A. Instruments et machines à calculer. Paris.

Giordan (2008). André Giordan. *Repenser la conception muséale et la place du musée*
[http : www.ldes.unige.ch/publi/vulg/museo.htm](http://www.ldes.unige.ch/publi/vulg/museo.htm)

IBM (1987). *The wonder of numbers*, IBM Europe SA, mai 1987 (Mounier-Kuhn, 1995) Pierre Eric Mounier – Kuhn. *Les collections d'informatique en France*. La Revue Conservatoire national des arts et métiers Paris, février 1993, pages 10 - 18, BCX.

Mouyssinat (1995). Michel Mouyssinat, *A propos de Machines Algébriques*. Rapport interne. Gréco Informatique, CNRS.

Ocagne (1905). Maurice d'Ocagne. *Le calcul simplifié par les procédés mécaniques et graphiques* (Gauthier-Villars)

Williams (1998). Hugh C. Williams. *Edouard Lucas and Primality Testing*, Wiley-Interscience Publication Canadian Mathematical Society Series of Monographs and advanced texts, Volum 22, 1998, page 161 – 169, BNF

Biographie :

Michel Mouyssinat, docteur en mathématiques - ingénieur en informatique – recherche en informatique - chargé de mission aux actions industrielles au CNRS - Directeur de Greco Informatique, CNRS - Directeur de l'Institut d'Informatique de Hanoï - Directeur de l'Incubateur Régional d'Aquitaine.
Retraité - Expert judiciaire - Consultant.

La mécanographie

Jean Bellec (†)

Parallèlement au développement des machines comptables, les besoins statistiques des agences gouvernementales, puis la comptabilité des grandes entreprises et des administrations ont donné le jour à une technologie née à la fin du 19ème siècle et morte dans les années 1970: c'est la mécanographie. Le support d'informations généralement associé à la mécanographie a été celui de la carte perforée.

1 Histoire industrielle

L'industrie mondiale de la mécanographie a été dominée par un constructeur américain International Business Machines, essentiellement issu de la compagnie TMC (*Tabulating Machine Company*) fondée par **Hermann Hollerith**. La création de sociétés nouvelles a pu intervenir grâce à une non-universalité des brevets de IBM. Cela a été à la source de Egli-Bull et donc de la Compagnie des Machines Bull ou à des spécificités locales comme celle de la monnaie anglaise avant sa décimalisation (à l'origine de l'autonomie de BTM et de Acc & Tab, auxquelles ont succédé les compagnies ICT et enfin ICL). Aux USA, la seule autre grande compagnie sur le marché a été Powers Accounting Machines, fondée par un ingénieur du Bureau of Census mécontent du monopole de Hollerith; cette compagnie se fit plus tard acquérir par Remington-Rand (plus tard Sperry Univac).

L'histoire de l'industrie est marquée par deux facteurs importants tendant à y faire naître des situations de presque monopoles:

- tout d'abord la stratégie de Hollerith poursuivie très longtemps par IBM de conserver la propriété des machines utilisées par ses clients et donc d'en contrôler l'obsolescence et d'élever les contraintes du financement pour ses compétiteurs. C'est d'ailleurs un conflit sur ce sujet de la **location** avec le US Census Bureau qui amènera James Powers à développer ses propres machines. La recherche d'un monopole sur les marchés ne s'appuyait pas seulement sur la location des machines, mais aussi sur la conquête d'un marché de fournitures des cartes dont les spécifications très pointues rendait l'usage d'un fournisseur tiers aléatoire, comme l'ont montré les problèmes de BTM face aux difficultés d'approvisionnement pendant la première guerre mondiale.

- c'est ensuite la lutte autour des **brevets**, les procès intentés par IBM à ses "contrefacteurs", les contournements entrepris par ses compétiteurs soit géographiquement (la date de dépôt et d'expiration des brevets n'étant pas la même dans tous les pays surtout dans les années 1930), soit techniquement. Les épisodes les plus notables ont été le *automatic group sequence control* des années 1920 et surtout le passage du format de la carte de 45 colonnes à trous ronds à la *carte 80 colonnes à trous rectangulaires* survenu en 1928.

Bull se trouva longtemps sous la menace de procès sur son adoption de la carte à 80 colonnes et réagit en introduisant un codage alphanumérique différent et par des inventions originales comme celle de l'imprimante à roues de K.A. Knutsen. Le règlement du litige nécessitera une quinzaine d'années. Powers (puis Remington Rand en 1927) n'osa pas introduire de machines électromécaniques et resta longtemps à exploiter un procédé purement mécanique; Remington Rand n'osa pas non plus passer à un format de cartes à 80 colonnes (jusqu'à la fin des années 1950) et inventa un format de carte spécifique à 90 (2x45) colonnes .

Les entreprises s'investissant dans la mécanographie furent à l'origine TMC Tabulating Machine Company fondée par **Hollerith** (devenant CTR puis IBM par la suite) et **Powers** fondée par James Powers. Ces deux compagnies s'implantèrent en Europe plutôt à travers des sociétés autonomes qu'à travers de simples filiales de vente. Ces sociétés utilisèrent des licences américaines, mais développèrent -au Royaume-Uni- des produits distincts (entre autre pour cause de non-décimalisation de la monnaie locale), plus ou moins dérivés des produits américains. British Tabulating Machines (BTM) resta licencié de IBM jusque 1949, tandis que les rapports entre Remington (ayant acquis Powers aux USA en 1927) et les licenciés de Powers (Acc & Tab à Londres, SAMAS fondée en 1922 en France) furent plus chaotiques. Enfin, naquit à la fin des années 1930 la Compagnie des Machines **Bull** en France à partir des brevets de Fredrick Rosen Bull et qui s'appuya dès les années 1930 sur les Papeteries Aussedat.

2 Processus mécanographiques

Le processus type des traitements mécanographiques comprenait

- d'une part les opérations de [saisie](#) qui pouvaient être décentralisées. La saisie d'informations devait être assurée de manière rigoureuse, les ateliers mécanographiques ne disposant que rarement de contrôles de vraisemblance des informations en cours de traitement. Un soin particulier était exigé des personnes rédigeant le bordereau de saisie (écriture en majuscules dans une grille correspondant aux colonnes de la carte). Ce bordereau faisait ensuite l'objet d'une double lecture par successivement l'opérateur (trice) de perforation et celui (celle) de vérification , afin d'éviter les conséquences de fautes d'inattention ou de frappe.

On a cherché à améliorer la productivité de saisie par des machines de lecture directe des informations (marques optiques ou magnétiques), mais la saisie traditionnelle est restée la règle jusqu'à la fin du traitement en batch processing.

- d'autre part le traitement central dans l'atelier mécanographique. Le **traitement** des cartes perforées est fait par une machine centrale appelée tabulatrice et qui effectue les fonctions synchronisées de lecture de cartes, de calcul (addition, comptage...) et d'impression de listings. Il est possible d'en compléter les fonctions en y connectant des calculatrices (mécaniques puis électroniques) et de perforation de cartes (perforatrice connectée). En outre, la fonction de **tri** des cartes exige une seconde machine trieuse de cartes fonctionnant indépendamment de la tabulatrice. Des machines complémentaires sont présentes dans l'atelier: la reproductrice qui permet la duplication des fichiers de cartes de manière plus simple et plus économique que l'ensemble tabulatrice + perforatrice connectée, la traductrice permettant d'imprimer sur les cartes leur contenu alphanumérique. La fonction de tri est indissociable de la fonction **interclassement** de fichiers, le plus souvent effectuée par une machine spécialisée (interclasseuse).
- suivi de la distribution des états sous forme de listings imprimés. C'est à ce niveau que pouvait se faire la plupart des contrôles sur la vraisemblance des données du bordereau de saisie par des vérifications humaines de lecture des listings. La correction des erreurs à ce stade exige l'introduction de chaînes de traitement spécifiques.

Les fichiers centralisés au niveau de l'atelier se divisent en "fichiers maître" -l'ancêtre de nos bases de données- et "fichiers mouvements" issus des ateliers de saisie.

Le fichier maître comprend les constantes (exemple: nom et adresse d'un client") et des données cumulées (ex: solde du compte). Il est indexé par une "clé" que l'on retrouvera sur le fichier mouvement, clé qui se présente en général pour des raisons d'encombrement sur la carte sous forme d'un numéro de compte de longueur fixe. Contrairement aux fichiers que l'on trouvera plus tard sur disques magnétiques, l'index n'est défini que par sa position sur un champ réservé sur la carte. Il peut être plus efficace mais non nécessaire de le placer dans les premières positions.

Le travail de l'atelier consiste à rapprocher les cartes "mouvement" du fichier "maître", à faire, éventuellement, des calculs sur le groupe de cartes (carte maître + cartes "mouvements" ou "détail" correspondantes), puis à extraire de cet ensemble les champs destinés à l'impression du listing (sur une ou plusieurs lignes).

La fonction de rapprochement peut dans certains cas être effectuée par une trieuse, mais il est plus efficace s'il est effectué dans une interclasseuse qui fusionne les fichiers sur une clé index commune aux fichiers rapprochés. Le fichier fusionné est ensuite lu par la tabulatrice qui effectue l'opération d'impression et (optionnellement) de mise à jour du fichier maître par l'intermédiaire d'une perforatrice connectée.

En fait, les traitements mécanographiques demandés diffèrent aussi bien entre les entreprises qu'entre les administrations. Chaque atelier mécanographique avait ses besoins propres nécessitant une analyse nouvelle à chaque application supplémentaire. Beaucoup de ces spécificités pouvaient se satisfaire des matériels offerts par les constructeurs, au prix de la "reprogrammation" des tableaux de

connexion et de la création de nouveaux tableaux. Mais souvent aussi, les contraintes de performances nécessitaient l'assistance des spécialistes des constructeurs qui finissaient parfois par admettre le développement de dispositifs complémentaires pour augmenter la capacité, les fonctions des tabulatrices existantes.

3 Applications de la mécanographie

Les besoins initiaux qui ont lancé cette industrie ont été ceux des **recensements** de la population aux Etats-Unis d'abord, puis dans l'Empire Russe et dans les pays Ouest-Européens. Le recensement consistait à l'établissement d'une fiche perforée par article (l'individu pour l'application du *Census*) puis le *comptage* du contenu de ces fiches par critère (rubriques contenues dans la fiche) et généralement le *tri* des fiches par index (rubrique d'indexation). Les fiches (**cartes perforées**) étaient archivées dans des meubles spécifiques (semble-t-il hérités des meubles de classement des billets de banque - tiroirs au format des anciens billets de 1\$-). Cette application a été initialement mise au point par l'ingénieur américain Hermann Hollerith dont la société a donné plus tard le jour à IBM. La technologie utilisée dans ses machines était électromécanique:

A partir de cette application de comptage, la technologie des cartes perforées s'est étendue dans la première moitié du 20ème siècle à la **comptabilité**. La première utilisation qui en a été faite par Hollerith était la facturation du fret ferroviaire du New York Central Railroad, dès 1896.

Les fiches de mouvements comptables étaient elles aussi converties en cartes perforées et de nouvelles fonctions ont dû être traitées par les machines mécanographiques. Ce sont d'abord la capacité d'*opérations arithmétiques* (addition puis soustraction des valeurs numériques contenues dans un champ de la carte) puis plus tard la capacité d'imprimer le contenu des fiches. Une extension liée aux capacités d'impression, initialement introduite par Powers, a permis de coder des informations alphabétiques sur la carte.

4 Cartes Perforées

Les types d'informations traitées par les équipements mécanographiques ont évolué à partir des besoins et des fonctionnalités des matériels: Il s'agit d'abord d'informations qualitatives destinées à la sélection d'un attribut pour le recensement matérialisés par des perforations réparties arbitrairement sur la carte (recensement [Hollerith](#) 1890). Puis la priorité a été donnée au stockage de nombres, susceptibles d'être additionnés. La technologie utilisée, celle des roues compteurs des totalisateurs, conduisit à inscrire ces nombres sous la forme d'une perforation par chiffre sur une colonne de la carte. Les cartes étaient lues ligne par ligne et il n'y avait pas besoin d'avoir de circuits logiques complexes pour transcrire la valeur d'un champ (un groupe de colonnes) dans les positions des roues du totalisateur.

Puis le besoin s'est fait sentir de pouvoir inscrire sur la carte des nombres négatifs. La technologie de la lecture parallèle nécessitait la sélection du signe via une perforation située devant la première perforation de chiffre, ce qui fut adopté par IBM (et ses concurrents) de préférence à un codage séparé du signe et l'utilisation de deux accumulateurs.

Les tabulatrices ne possédaient pas au début de fonction d'impression et l'opérateur devait lire l'affichage des nombres accumulés dans les totalisateurs et les reporter en manuscrit sur des feuilles de papier. Dans les années 1920, les tabulatrices furent dotées de dispositifs d'impression permettant d'éviter cette opération manuelle. Avec le souci de ne pas introduire de rupture technologique, cette impression fut faite sous forme parallèle avec un dispositif (roue ou barre) par position d'impression. Le positionnement de la roue reproduisait la valeur numérique contenue dans le totalisateur et un marteau venait appuyer le papier (avec ruban encreur) sur cette roue.

Les cartes étaient lues par paquets introduits à la main par l'opérateur. Une amélioration importante de l'opérabilité fut l'invention par IBM d'un code "fin de groupe" à la fin d'un sous-fichier permettant la constitution (et éventuellement l'impression) de sous-totaux.

Il était souhaitable de pouvoir imprimer d'autres caractères que des nombres et il était possible d'étendre la technologie d'impression à quarante positions ou plus. Encore fallait-il pouvoir enregistrer sur la carte des champs alphabétiques (ou plus exactement alphanumériques). Les solutions retenues furent de coder les caractères alphabétiques en se servant d'une douzième ligne sur la carte et en l'associant à la ligne "signe". Pour des raisons de brevetabilité, le codage Hollerith de IBM ne fut pas retenue par Bull fragmentant le marché entre "clients IBM" et "clients Bull", les cartes de l'un n'étant pas lisibles par l'autre au moins jusqu'aux années 1960.

Les cartes perforées sont longtemps restées au format de 82,55 x 187,35 mm

On notera que les cartes du recensement de 1890 répartissaient les données sur toute la surface de la carte et ce n'est que vers 1900 que Hollerith standardisera la carte à 12 lignes sur 45 colonnes (à trous ronds). IBM passera à la carte 80 colonnes en 1928.

En 1932, Power-Samas au Royaume Uni proposa de nouveaux formats de carte rectangulaire, toujours à trous ronds, un plus petit (21 colonnes) que le format standard à 45 colonnes, un autre avec un format allongé (avec 64 colonnes). Cependant cet essai qui segmentait le marché (Powers One, Powers Four...) et qui rejetait les anciens utilisateurs ne fut pas couronné de succès.

On peut noter aussi que Hollerith/IBM a proposé sans succès une carte demi-format à 38 colonnes.

<http://web.onetel.net.uk/~rodritab/index.htm>

Bull, après avoir fait ses débuts sur le format 45 colonnes, étudia entre 1961 et 1942 un format à trous carrés à 60 colonnes (qui fut commercialisé sans trop de

succès) et une carte à 80 colonnes ou les perforations rectangulaires IBM étaient remplacées par deux trous carrés. Ce dernier modèle ne fut pas commercialisé et en 1947, Bull s'aligna sur le format IBM (toutefois avec une codification différente)

Bien plus tard, IBM s'essaya à introduire un nouveau format de cartes presque carré et plus petit (96 caractères codés en 6 bits), diminuant sensiblement l'encombrement des machines. Ce format utilisé d'abord sur le [System/3](#) en 1969. Son succès fut plus que limité.

L'utilisation des cartes perforées dans les ordinateurs a fait retrouver une forme d'utilisation présente dans les métiers de Jacquard et les orgues de Barbarie: l'utilisation de toutes les positions perforables de la carte, la carte binaire qui pouvait contenir (pour la carte la plus fréquemment répandue) jusqu'à 960 bits. La capacité d'une ou quelques cartes suffisait à contenir le programme d'ordre initiaux (*bootstrap*) des machines avant l'invention des mémoires permanentes inaltérables (ROM).

Les cartes perforées traitées dans les machines mécanographiques posent des contraintes particulières pour leur fabrication. Elles doivent respecter des normes de précision pour éviter les bourrages dans divers types de machines et supporter parfois de nombreuses manipulations.

Hollerith avait à l'origine un fournisseur exclusif de papier Hollingworth & Withney. Cependant Racquette River Paper Co avait été sélectionné comme seconde source par le gouvernement américain. Par contre, Hollerith (puis IBM) avaient décidé de réaliser eux-mêmes l'impression et le façonnage des cartes perforées, industrialisées sur des machines inventées par Fred M. Carroll (1921).

Lorsque Bull s'implanta sur le marché français en 1931, ce fut avec l'assistance des Papeteries Aussedat qui investirent dans la fabrication des cartes à Cran-Gevrier (Savoie), sous licence Racquette, ainsi que dans le façonnage des cartes dans une usine de la Plaine Saint-Denis. Aussedat parvint à devenir fournisseur de IBM France dans les années 1950.

5 Machines mécanographiques

L'organe principal au centre des ateliers de traitement mécanographique était la **tabulatrice** (*tabulator* en anglais, IBM utilisera aux USA en 1949 l'appellation *Accounting Machine*) capable de la lecture des cartes, de calculs simples et un peu plus tard d'une impression (sélective) du *contenu* des cartes.

La seconde machine, à peu près indispensable dans tous les ateliers, a été la **trieuse** de cartes (*card sorter* en anglais). Après quelques versions aux cases de réception rangées verticalement, la solution horizontale a été majoritairement retenue:

Les trieuses les plus économiques (Bull E12, IBM080) sont dotées d'une brosse de lecture réduite à un balai sous lequel défilent les cartes en parallèle (ligne des 9 d'abord). Le champ de tri est réduit à une colonne par passage. La carte lue sur une

colonne est dirigée vers une case de réception en fonction de la valeur contenue sur la colonne. Le tri alphabétique demandait 2 passages.

D'autres trieuses, plus rapides, ont des brosses comportant plusieurs doigts de lecture.

Une machine complémentaire a été l'**interclasseuse** (*collator* en anglais). Celle-ci remplace avantageusement plusieurs opérations de tri pour fusionner deux fichiers.

Les fonctions de tri et bien entendu celles de saisie (perforation) sont restées séparées de la tabulatrice. Par contre celle-ci s'est adjoint des dispositifs de perforation des cartes et de calcul (multiplication/ division).

6 Technologie des machines à cartes perforées:

La "programmation" des traitements mécanographiques d'avant l'ordinateur exigeait une connaissance des contraintes de temps posées par le fonctionnement mécanique des machines: plus que les relais, l'essentiel de la technologie relevait de roues et de cames et les opérations devaient être synchronisée avec ce qu'on appelait le cycle des machines. La fabrication et la réparation des machines mécanographiques exigeaient des compétences du métier d'horlogerie ainsi que celles liées aux automatismes à relais. Il est utile de se rappeler que l'horlogerie a pris une forme numérique, par opposition avec les formes analogiques dérivées du clepsydre, avec les premiers mécanismes du pendule, utilisé dans les horloges, inventé au XVIIème siècle.

L'essentiel de la technologie des tabulatrices était constituée de roues et de cames et d'embrayages. Cette technologie rangea les fabricants dans la catégorie machines de précision. Outre les phénomènes d'usure strictement mécanique, l'utilisation d'un courant relativement fort posa des problèmes de parasitage dus aux rupteurs de fabrication d'impulsions. Les cames originelles durent être remplacées par des *cames accompagnantes* diminuant l'intensité du courant de rupture.

Elle était complétée par des relais (dérivés de l'industrie du télégraphe). Ces relais appelés alternatifs chez Bull servaient à réorienter les signaux en fonction des conditions logiques. A titre d'exemple, les totalisateurs recevaient trois types de signaux (addition, soustraction et remise à zéro). Initialement les relais commandaient simultanément plusieurs aiguillages, mais ces relais "téléphoniques" nécessitaient des réglages fréquents et n'étaient pas enfichables.

Au cours des années 1950, l'invention de petits relais à grande vitesse de commutation, à la consommation électrique diminuée et à la fiabilité améliorée a permis la construction de dispositifs plus élaborés basés sur la prise en compte de l'algèbre de Boole. Ces "petits relais" avaient l'avantage d'être étanches et facilement interchangeable.

A la même époque, à une partie de ces relais pouvaient se voir substituer des diodes à semi-conducteurs à la consommation et au volume encore plus réduits.

A partir de la fin des années 1940, des tubes électroniques firent leur entrée sur des matériels de mécanographie sous la forme d'amplificateurs destinés à reformater les signaux de lecture dans les machines rapides. Triodes et thyatron furent utilisés à cette fin sur les trieuses et les calculateurs.

7 Chemins de cartes

Les machines mécanographiques à cartes perforées font circuler mécaniquement les cartes sur une ou plusieurs pistes à une vitesse de 2 à 20 cartes par seconde. L'entraînement se fait des galets presseurs. La partie la plus délicate est la gestion de la case d'alimentation (*hopper* en anglais). Les cartes sont poussées une à une par un "couteau" vers la piste. Ce couteau comme la lucarne d'entrée de la piste doit respecter des tolérances rigoureuses appropriées à l'épaisseur de la carte, afin d'éviter un "bourrage". Le case de réception (*stacker* en anglais) est plus facile à réaliser, encore faut-il minimiser les problèmes d'électricité statique générée par le passage sur les galets.

Les chemins de cartes sont de complexité variable: certaines machines disposent d'une capacité d'interclassement donc de deux cases d'alimentation. La plupart des machines disposent d'au moins deux cases de réception (une case normale et une case "rebut") mais souvent davantage (treize pour les trieuses). Le nombre de postes de lecture ou de perforation est variable selon les machines; la distance entre deux postes permettant de faire des calculs plus longs sans arrêter le déroulement des cartes sur la piste. Les aiguillages sur le chemin de cartes sont commandés par des électro-aimants en fonction du "programme" d'application.

Pour le chemin de cartes des trieuses, jusqu'aux années 1920, deux solutions étaient adoptées par les constructeurs : la trieuse verticale où les cases de réception étaient superposées, moins encombrante, mais d'opération moins commode et la trieuse horizontale qui finalement s'imposera.

8 Mécanismes de Lecture

Le mécanisme initial utilisé par Hollerith sur sa tabulatrice était manuel et, on dirait aujourd'hui, en bloc (9 x 45 tiges qui formaient contact sur des points de mercure lorsque l'opérateur abaissait le levier après avoir introduit la carte

Plus tard, coexisteront deux modes de lecture des cartes perforées

- la lecture parallèle ligne par ligne
- la lecture colonne par colonne

La première méthode "ligne par ligne" fait défiler les cartes devant l'organe de lecture qui reçoit à chaque "point" (chaque ligne de la carte) des impulsions (en cas de perforation) sur les 80 têtes de lecture. La carte passe sous l'organe de lecture en douze "points" utiles. Ces impulsions sont ensuite transmises aux organes logiques (sélections, totalisateurs, mémoires etc...).

La seconde méthode de défilement en série est comparable à la lecture sur bande magnétique: les colonnes (les caractères) sont explorées successivement par les 10 ou le plus souvent les douze têtes de lecture. Cette méthode est utilisée dans les vérificatrices (qui comparant le caractère frappé au clavier avec les perforations de la carte) et les [traductrices](#) (qui impriment colonne par colonne au sommet de carte). Plus coûteuse en "logique" pour des tabulatrices, cette lecture série sera plus répandue dans les périphériques d'ordinateur.

Hollerith a d'abord utilisé une lecture simultanée du contenu de la carte au moyen de tiges (aiguilles) descendant à travers les perforations de la carte vers un récipient de mercure. Ce mécanisme de lecture utilisait une introduction manuelle des cartes.

Les technologies de lecture utilisées depuis 1900 jusqu'aux années 1960 ont été des variantes de la **brosse de lecture**. Cette brosse a permis l'alimentation automatique des cartes dans les machines. Le passage à des trous rectangulaires avec la carte à 80 colonnes a exigé une augmentation de la sensibilité de la mémoire de lectures. L'option photo-électrique est survenue beaucoup plus tardivement.

9 Mécanismes de Perforation

Trois types de systèmes de perforation ont été développés et leurs avantages respectifs ont imposé leur coexistence:

- la perforation colonne par colonnes (série)

Ce type de perforation est celui utilisé par la plupart des perforatrices de saisie.

- la perforation ligne par ligne (dite parallèle) disposant de 80 poinçons de perforation

Cette méthode était utilisée par exemple sur les reproductrices IBM 513 ou 519

- la perforation en bloc (*gang-punch* en anglais)

Cette méthode qui consistait à sélectionner jusqu'à 960 poinçons était utilisée dans les machines de duplication (PRD chez Bull) et dans des versions de perforatrices de saisie, permettant des contrôles avant perforation.

10 Mécanismes d'impression

Alors que le résultat des premières tabulatrices devait être relevé manuellement par l'opérateur, le besoin se fit rapidement sentir de les transcrire automatiquement sur un dispositif d'impression. C'est Powers qui introduisit le première imprimante numérique en 1911. L'impression alphanumérique n'arrivera qu'en 1921 chez British Powers et après 1931 chez IBM; elle ne se généralisera qu'après la seconde guerre mondiale.

Le papier des imprimés mécanographiques était le plus souvent pré-plié, ce qui permettait d'imprimer de nombreux états consécutifs, mais nécessitait souvent un poste de massicot (*guillotine* en anglais) derrière l'imprimante.

Une caractéristique générale des imprimés mécanographiques est la présence d'un entraînement au moyen de perforations. Celles perforées à droite et à gauche du papier appelés trous Carroll du nom de leur inventeur chez IBM introduit en 1933 des rames de papier de taille variable suivant les états et de commander la synchronisation de l'avancement (*advance* en anglais) du papier avec l'imprimante. Bull sur ses tabulatrices disposait d'un mécanisme moins souple avec une perforation sur le pli.

Ce sont les mécanismes d'impression qui ont constitué la différence essentielle entre les différents modèles de tabulatrices.

- imprimante à **barres**

Les glyphes (caractères) sont gravés sur une barre verticale qui se déplace verticalement pendant l'avancement du papier qui est immobilisé pendant la frappe des marteaux. Ce type permet une bonne qualité d'impression, mais l'inertie de son mécanisme est une contrainte sérieuse sur les performances.

- imprimante à roues

Un des modèles les plus célèbres des imprimantes à **roues** est le modèle AN7 conçu à la Compagnie des Machines Bull par K.A.Knutsen. Il a été utilisé pendant plusieurs décennies sur les tabulatrices Bull de la série 150 et a été introduit par IBM sur la tabulatrice 407 (max: 150 lpm) à partir de 1949. Une version quelque peu voisine de l'imprimante à roues a été l'imprimante à **tambour** gravé et frappé par des marteaux.

- imprimante à **chaîne**

Dans ce modèle une chaîne horizontale porte-caractères défile devant l'ensemble des positions d'impression apportant une grande qualité et une haute vitesse d'impression. Le modèle le plus célèbre a été le modèle IBM 1403 utilisé sur les ordinateurs des années 1960. Les imprimantes à chaîne, comme le modèle à bande (*belt* en anglais) développée par Bull Belfort dans les années 1970 offraient de plus la possibilité d'interchangeabilité de la chaîne d'impression et l'adaptation à différents types de caractères.

Les problèmes techniques à résoudre étaient:

- celui de l'impression des liasses permettant d'imprimer des copies totales ou partielles de l'original en un seul passage,
- celui de la qualité d'impression (éviter les lignes en "vague" des imprimantes à rotation continue (roues ou tambour).

Les dispositifs d'imprimantes diffèrent selon que la frappe des caractères se fait "papier arrêté" ou bien "au vol" (*on the fly* en anglais). Lorsque la vitesse d'impression était privilégiée, la seconde méthode est le plus souvent choisie, malgré la difficulté à faire une bonne impression.

De nombreuses variantes furent introduites sur les imprimantes. Elles pouvaient par exemple imprimer des caractères alphanumériques seulement sur certaines colonnes en diminuant le prix et pouvant accélérer la vitesse d'impression sur certains types d'états. Deux mécanismes plus ou moins indépendants (selon le type

de mécanisme d'avancement du papier) permettaient d'imprimer deux états différents simultanément, tirant parti de la largeur maximum de l'imprimante.

La solution rigoureusement parallèle dotée d'un mécanisme par position d'imprimante (jusqu'à 160 par ligne) était simple mais augmentait notablement le prix. Les constructeurs ont développé des solutions, moins onéreuses mais plus lentes et plus compliquées, en partageant un seul mécanisme entre deux ou quatre positions d'impression et en déplaçant horizontalement l'ensemble des mécanismes (mécanisme à navette) .

D'autres variantes de mécanismes d'impression furent étudiées en particulier chez IBM, mais ne trouvèrent de succès que dans des machines périphériques: l'imprimante à boule (qui s'illustra sur les machines à écrire IBM Selectric), l'imprimante matricielle à aiguilles qui trouvera son marché dans les micro-ordinateurs des années 1970 (et d'abord sur les marchés asiatiques).

Il faut aussi noter les imprimantes strictement **série** (caractère par caractère) dérivées des machines à écrire et utilisés jusqu'aux années 1960 dans des facturières. Elles ont fait leur apparition dans la mécanographie au moment où sont apparus les premiers ordinateurs de gestion qui n'avaient plus besoin du synchronisme des tabulatrices.

11 Calcul

Les tabulatrices incorporèrent dès les années 1910 (pour l'application de facturation dans les chemins de fer) la fonction d'addition, dérivée de la fonction comptage. Un premier perfectionnement fut apporté par IBM avec la remise à zéro automatique des valeurs contenues dans les totalisateurs [les premières machines disposaient d'une manivelle qui devait être tournée par l'opérateur à cette fin].

Ce n'est que dans les années 1920 que le mécanisme de soustraction fut introduit au moyen d'une addition par le complément à 9...9 de la valeur à soustraire et à la mobilisation d'un accumulateur supplémentaire pour les quantités à compléter.

Par contre, la multiplication nécessita l'ajout d'une unité calculatrice (*calculator* en anglais) supplémentaire ayant également la fonction de perforatrice. L'addition se faisait par additions successives. Cette unité était le plus souvent *off-line* par rapport à la tabulatrice (elle disposait de son propre lecteur et de son perforateur de cartes).

La calculatrice pouvait aussi être connectée à la tabulatrice. Les premières utilisations furent destinées au calcul scientifique (IBM 601), mais dès 1934, IBM Endicott (Stephen Dunwell) livrait en "spécial" (à la demande du laboratoire de Wallace Eckert de la Columbia University) un *control switch* interconnectant le *multiplying punch* avec la tabulatrice.

La technologie de calcul uniquement basée sur des relais, utilisée dans les premiers ordinateurs des Bell Laboratories, ne fut utilisée dans les calculatrices des machines mécanographiques que pour des [applications militaires](#) pendant la seconde guerre mondiale.

12 Calculateurs électroniques

La disponibilité de la technologie à tubes électroniques au cours des années 1950 changea considérablement la situation: IBM introduisit la 604 unité contenant de nombreux tubes électroniques utilisés à la fois pour les accumulateurs et les 4 opérateurs arithmétiques. La 604 introduisit le concept de modules interchangeables composés d'une double-triode et des résistances et condensateurs associés représentant une position binaire. Un autre module à base d'une pentode complétait les circuits logiques.

La Compagnie des Machines Bull (Bruno Leclerc, Henri Feissel, Pierre Chenus) conçut une unité calculatrice, le Gamma 3, beaucoup moins coûteuse que l'IBM 604 en recourant à la technologie de diodes au germanium en complément d'un nombre beaucoup plus faible de tubes.

A l'instar des tabulatrices, le Gamma 3 recevra des options de mémoires complémentaires, introduisant ainsi la technologie des lignes à magnétostriction dans la mécanographie.

12.1. Programmation

Les premières tabulatrices, comme le furent plus tard les premiers ordinateurs, étaient câblées pour un traitement particulier.

Les tableaux de connexion amovibles furent l'occasion de rendre asynchrone le travail des personnes concevant et/ou réalisant le câblage (les programmeurs) et des opérateurs opérationnels et furent à l'origine du métier de programmeurs.

Le programme par cartes est un concept hérité du métier de Joseph Marie Jacquard a permis des opérations beaucoup plus complexes que la séquence de quelques opérations élémentaires établies par le tableau de connexion. Jacquard commandait son métier à tisser à l'aide d'un automate piloté par une séquence de cartes perforées attachées entre elles.

Pour utiliser de machines à cartes perforées pour des travaux statistiques scientifiques, Northrop réalisa le prototype du CPC (*Card Programmed Electronic Calculator*) à partir d'un calculateur IBM 603 et d'une tabulatrice IBM 403. IBM commercialisa ce système sur la base du calculateur IBM 604.

En partant du Gamma 3, Bull adoptera aussi le concept de la programmation par cartes (PPC).

Ensuite Bull développera une "Extension Tambour" contenant à la fois des données de fichiers permanents ainsi que des programmes, réalisant ainsi son premier système d'architecture Von Neumann. Les contraintes de la programmation par cartes (maintien absolu de la séquence d'un paquet de cartes, vitesse d'alimentation... étaient dominées et le stockage des fichiers de données sur tambour offrait une grande souplesse d'utilisation.

Ce type d'architecture est aussi celui de l'ordinateur moyen de gestion l'[IBM 650](#).

Au delà de ce Gamma 3 ET dont le travail restait rythmé par les cycles de rotation de la tabulatrice, Bull en tirera un véritable ordinateur où la tabulatrice (et sa perforatrice connectée) se limitera aux fonctions périphériques d'entrées-sorties.

13 Saisie des informations

13.1. Saisie sur cartes perforées

Le premier modèle de perforation de cartes perforées a été développé par Hollerith pour le Census Bureau en 1890. Il s'agit d'un "modèle à pantographe" où l'opératrice positionne la perforation devant un modèle et appuie ensuite pour perforer la carte. Cette méthode convenait au recensement où les champs étaient dispersés sur l'étendue de la carte.

L'importance des postes de saisie a été considérable durant toute la durée de la mécanographie. Rapidement, les machines individuelles utilisées ont été électromécaniques. Certaines restaient limitées à des entrées numériques, d'autres un peu plus onéreuses pouvaient coder des champs alphanumériques sur les cartes et étaient dotées pour cela d'un clavier du type machine à écrire.

Des postes de travail complémentaires ont été créés: le plus important a été celui des vérificatrices parce que la transcription des fiches manuscrites en cartes (la perforation) était à l'origine de la plupart des erreurs.

On notera aussi la persistance de machines purement mécaniques produites dès les années 1900 par IBM puis par Bull. Ces perforatrices capables de perforer tous les types de caractères, à condition d'en connaître le code, restèrent utilisées jusqu'à la fin des années 1970.

On notera que les machines perforatrices ont été appelées *poinçonneuses* en français chez Bull.

La saisie s'effectua longtemps par des opératrices, divisées en perforatrices et en vérificatrices, à partir de bordereaux d'entrée, contenant des informations généralement manuscrites. Afin d'augmenter la productivité de l'atelier de perforation, ces bordereaux étaient pré-formatés sur des feuilles de papier où chaque colonne était à perforer et devaient être remplis par les services producteurs de manière lisible en caractères majuscules tels qu'inscrits sur le clavier de la perforatrice.

Plus tard, certaines applications utilisèrent des cartes imprimées et partiellement perforées et où les perforations de certaines colonnes étaient à remplir par le service producteur au moyen du noircissement par un crayon laissant une marque de graphite conductrice du courant. Ces cartes devaient être lues par des lecteurs spécialement équipés comme des photo-lecteurs appropriés.

L'inscription en clair du contenu de la carte peut être faite dans l'atelier de traitement (par une machine spécialisée appelée traductrice) ou dans l'atelier de saisie où la perforatrice est dotée d'un diapositif spécial d'impression sur le sommet de la carte. IBM a introduit dès 1949 un tel dispositif d'impression, tandis que Bull attendu près de 20 ans pour disposer d'une telle imprimante.

Les perforatrices les plus récentes étaient dotées d'un mécanisme de programmation commandant automatiquement les instructions de tabulation et de saut. Le mécanisme utilisé était chez IBM (029) et chez Bull (P112) celui d'une carte spécifique pré-perforée tournant dans un tambour synchronisé avec l'avancement de la carte à perforer.

13.2. Saisie sur bandes perforées

La saisie sur bandes perforées fut réalisée sur des Teletypes, des facturières ou sur des machines dérivées des machines à écrire (Friden Flexowriter, Facit, Olivetti)

IBM réalisa en 1941 un convertisseur bande/carte pour les besoins de l'US Army. La conversion de code était faite par des circuits à relais.

13.3. Saisie sur media magnétiques

Avec l'arrivée de l'ordinateur, les constructeurs cherchèrent à trouver les solutions pour contourner les contraintes posées par les "decks" de cartes perforées.

Une première approche introduite par Univac fut de réaliser un poste de saisie écrivant directement sur des bandes Unityper utilisés par l'ordinateur. Le coût d'une telle approche remit rapidement en vogue la carte perforée. A partir de 1964, l'idée d'un media intermédiaire (cartouches magnétiques, keytape, cassette type audio Philips, puis diskettes 8 pouces puis 5"1/4) se répandit. Des constructeurs non liés à l'industrie de la carte (Mohawk Data Systems, Honeywell) introduisirent ce type de concurrent à la carte perforée et d'autres les suivirent dans les années 1970. Les fondateurs de MDS Mohawk étaient des transfuges de Univac qui s'efforcèrent de percer le marché avec le Data Recorder.

14 Machines annexes

Des machines annexes, fréquemment utilisées, mais non indispensables à la logique des traitements mécanographiques, complètent l'ensemble de machines décrites ci-dessus:

14.1. *Reproductrice*

La reproductrice (*reproducer* en anglais) est un lecteur/perforateur de cartes permettant de copier (dupliquer) un fichier de cartes (à l'identique ou de manière sélective) La sélection se fait à l'aide d'un panneau de connexion.

14.2. *Interpréteuse*

Cette machine permet d'imprimer sur la carte son contenu. Elle est indispensable lorsque les cartes (perforées par une machine dépourvue de ce dispositif) sont destinées à une utilisation ultérieure par des êtres humains et elle reste utile pour permettre un interclassement manuel de petites portions de fichiers (en cas de chute d'un paquet de cartes, par exemple). Dans les années 1960 se généralisèrent des dispositifs d'impression série faisant directement partie du matériel de saisie (ex: Bull P112)

15 Mécanographie et Ordinateurs

L'extension de la technologie des cartes perforées à des applications de calcul pur nécessitant de nombreuses données (statistiques, astronomie, balistique) a entraîné l'adoption des machines mécanographiques IBM comme périphériques des grosses calculatrices scientifiques comme des premiers ordinateurs électroniques.

Si la symbiose de la mécanographie avec ce qui s'appellera plus tard l'informatique s'est d'abord réalisée via l'utilisation des cartes perforées dans les calculateurs électroniques (ASCC, ENIAC...), le calculateurs électronique se présentait au début des années 1950 comme un candidat au remplacement des calculatrices électromécaniques, de technologie analogue aux tabulatrices et qui ralentissaient les ateliers dès que le calcul exigeait des multiplications (ex: calcul des taxes sur une carte mouvement).

Aux embryons de programmes câblés au moyen des tableaux de connexion, se substitua, d'abord pour des applications scientifiques, la programmation par cartes (PPC) ou par bandes perforées. Enfin vers la fin des années 1950, le modèle de Von Neumann (mémoire centrale contenant données de travail et mémoire des programmes) d'un ordinateur pilotant la totalité de la gestion de l'application s'imposa aussi dans la mécanographie.

Une évolution technologique importante, contemporaine de l'introduction de l'ordinateur à la fin des années 1950, a été l'utilisation de **supports magnétiques** pour la constitution des fichiers à la place des bacs de cartes perforées.

Outre le fait que changement de support améliorerait largement les performances, le volume des fichiers devenait moins contraignant et il devenait possible de consolider les données entre plusieurs ateliers de la même entreprise ou d'une entreprise à une administration ou une banque. Les processus de **traitement par lots** (batch processing) sont assez longtemps été inchangés, reposant toujours sur la

saisie sur un support lisible par l'ordinateur qui est restée majoritairement la **carte perforée** (accessoirement la bande perforée ou différents types de supports magnétiques amovibles) par des opérateurs (le plus souvent des opératrices) de saisie à partir de documents manuscrits pré-formatés. Les fichiers permanents et les journaux d'opérations furent alors stockés sur bande (ou disque) magnétique.

Une des caractéristiques des ateliers mécanographiques était la possibilité de croître par simple addition de machines supplémentaires. Cette croissance par addition ne pouvait qu'être favorable aux constructeurs car elle pérennisait la durée de location des machines en parc et allongeait leurs séries de fabrication. Par contre pour l'utilisateur, cette croissance horizontale par addition se traduisait par des coûts de main d'œuvre proportionnels et des problèmes de m². Aussi, il était inévitable qu'une pression s'exerçait sur les fournisseurs pour fournir des machines plus rapides.

Cependant, la vitesses de celles-ci était restée en 1950 du même ordre de grandeur que pendant les années 1930 (de 100 à 150 cartes par minutes). Les constructeurs, et notamment la Compagnie des Machines Bull, annoncèrent à la fin des années 1950 des machines à cartes plus rapides (300 cpm) qui devaient avoir presque obligatoirement comme conséquence le risque de "ferraillage" d'une partie conséquente du parc.

Par ailleurs, les inventeurs de systèmes mécanographiques s'ingénierent à perfectionner leurs machines dans le sens d'une centralisation sur un même système intégré. Deux approches furent lancées simultanément à la Compagnie des Machines Bull:

- l'une pour les grandes entreprises, définies par leur capacité d'investissement, en développant un grand "ensemble électronique de gestion", le Gamma 60 dont l'unité centrale à programme enregistré orchestrait les fonctions de tri, de traduction de codes, d'impression et de stockage sur bandes magnétiques;
- l'autre pour les entreprises moyennes en développant la série 300 qui associait des unités à cartes perforées et des imprimantes plus rapides, et optionnellement des bandes magnétiques.

Il semble que la direction de la compagnie n'ait pas pesé toutes les conséquences économiques de cette stratégie technique.

Les différents laboratoires de IBM s'efforcèrent aussi de trouver une solution. Le laboratoire allemand de Boeblingen chercha à développer une série 3000 basée sur une machine multifonctions à cartes plus petites, donc un encombrement et un coût plus réduit. Celui de Endicott reprit une spécification française (projet WWAM) qui s'inquiétait de la popularité des systèmes Bull Gamma 3 et Gamma ET. Ce projet qui fut couronné de succès, et IBM développa un ordinateur moyen, le IBM 1401 dont la partie cartes/imprimante n'était que progressivement améliorée et dont le prix le rendait accessible à de nombreux clients. La 1401 n'imposait pas de passer immédiatement aux bandes magnétiques et ne nécessitait pas l'intégration (ni donc une nouvelle analyse) des applications.

La réponse de Bull à la 1401 fut tardive. Le RCA 301 à bandes introduit en 1961 sous le nom de Gamma 30 ne couvrait que le haut de gamme de la 1401. Le GE-115 d'origine Olivetti ne fut introduit qu'en 1964, et eut à concurrencer les machines d'entrée de la série 360 de IBM.

Cependant, Bull, qui avait réussi à vendre ses appareils à cartes en OEM aux Etats-Unis, mit aussi au point un système intégré moins ambitieux que la série 300: ce fut le Gamma 10 vendu à plus de 1000 exemplaires entre 1963 et 1968. Cette machine était un ordinateur contrôlant grâce à un programme enregistré un lecteur/perforateur de cartes et une imprimante, le tout travaillant à 300 cpm.

IBM Deutschland poursuivit le développement de solutions à cartes perforées pour les petites entreprises avec le S/360 mod 20 avec une MultiFunction Card Machine, tandis que le laboratoire de Rochester inventait le System 3 avec la petite carte à 96 colonnes.

16 Machines comptables

Une autre branche des machines à traiter l'information est née aussi à la fin du 19ème siècle: celle des machines comptables dérivées des "machines à calculer" qui ont elles étaient inventées bien avant avec, entre autres, la Pascaline.

Cette branche diffère de la mécanographie de part le traitement presque immédiat de l'information. L'opérateur (trice) effectue lui-même tout le travail au moment où le client termine sa transaction. L'opération est essentiellement le calcul du montant de la transaction portant sur un groupe d'objets. Ce calcul est essentiellement une addition mais peut-être rendu plus complexe par la présence de remises ou de taxes plus ou moins proportionnelles aux montants.

Les premières machines comptables fabriquées en série ont été américaines: (Burroughs, National Cash Register, Monroe, Smith-Corona Marchant, Singer). De nombreux constructeurs européens sont entrés sur ce marché (Hermes, Olivetti, Facit...). Une partie de ces constructeurs disparut dans des groupes plus généralistes incluant le marché des machines à écrire (qui ne disparaîtra qu'à la fin des années 1980 dans celui du micro-ordinateur). D'autres évoluèrent vers l'informatique soit comme constructeur (Burroughs) soit comme fabricant de périphériques.

Les machines comptables ne possédaient en général que d'un ou au maximum de deux accumulateurs. Elles ont rapidement été dotées d'une impression pour fabrication du "ticket de caisse". La consolidation des résultats pouvait se faire manuellement d'après le bordereau contenant le double des tickets (ou d'après une impression spécialisée). Avec la disponibilité de la technologie de la bande perforée, inventée pour le besoin du télégraphe, il était possible de perforer ce bordereau sur une bande qui était exploitée séparément. Afin d'harmoniser les traitements par lots de la mécanographie, des machines de conversion entre bandes et cartes perforées sont apparues sur le marché. Avec l'introduction de l'ordinateur dans les années 1950, d'autres constructeurs ont développé des machines traitant spécifiquement les bandes perforées.

Les machines comptables se sont perfectionnées en remplaçant la bande perforée par des cassettes magnétiques, en permettant une connexion à un service central de consolidation -leur donnant le rôle de terminaux- et surtout en leur connectant des dispositifs de lecture automatiques d'étiquettes (code barre ou étiquette magnétique) de plus en plus perfectionnés. Elles sont maintenant en train d'incorporer des dispositifs de lecture sans vue directe (RFID)

Mais les machines ont elles aussi évolué. Le Gamma 5 introduit par Bull-General Electric en 1965 est l'une des formes les plus avancées de cette évolution en permettant d'intégrer la totalité des fonctions d'une machine de traitement de l'information dans le poste de travail. Les fichiers permanents se trouvant sur un tambour sont mis à jour à partir d'un clavier alphanumérique. La consolidation entre plusieurs machines se fera à travers la fonction de perforation de cartes.

Cette approche qui se généralisera avec l'utilisation du micro-ordinateur personnel à des fins comptables était peut-être un peu prématurée pour des raisons de coûts (la machine comportait le matériel d'une perforatrice de cartes, d'un tambour magnétique et d'une imprimante série par caractères). Aussi la ligne des GE-55, GE-58, Level 61 de Bull a évolué vers des petits ordinateurs plus classiques.

17 Aspects Sociaux du travail mécanographique

La mécanographie était un travail en série à des fréquences régulières (de la décennie -cas des recensements- à la journée -cas de la mise à jour des comptes bancaires). Son adoption dans les entreprises a contribué à la rigueur des comptabilités, à la régularité des approvisionnements et à la taylorisation des métiers de "cols blancs", encore que les personnes travaillant dans les ateliers portaient plus souvent des blouses grises ou bleues. Les années 1950 ont vu la plupart des entreprises à l'exception des plus petites adopter la mécanographie pour leur comptabilité, la gestion de leur stocks, la paye du personnel.

Les métiers de la mécanographie se sont codifiés au cours des années 1960 à un moment où planait sur eux une mutation importante. Les grands ateliers de perforation allaient devenir des "*call centers*" directement connectés à l'ordinateur. Les utilisateurs finaux, reliés à l'informatique mécanographique par la rédaction des bordereaux de saisie et par la lecture de certains états imprimés, effectueront ce travail en continu (en temps réel).

La philosophie de la programmation était en train de passer du piquage des tableaux de connections à l'écriture de programmes pour l'ordinateur.

Les analystes persistèrent pendant une décennie à développer des organigrammes directement inspirés de la mécanographie, mais progressivement la nécessité d'une description plus formelle des données à traiter et l'augmentation de la complexité des traitements laissèrent la place à une conception plus intégrée des programmes, tout en structurant plus rigoureusement les programmes. On notera que la mécanographie aura inspiré les langages de programmation du type Report Program Generator qui lui survivront de plusieurs décennies.

Les opérateurs conservèrent le même type de travail que dans les ateliers mécanographiques, tant que des cartes perforées restaient à manipuler (typiquement jusque 1980), d'autres opérateurs (ou les mêmes) eurent à gérer les supports magnétiques interchangeables (bandes et disc packs) jusqu'à ce que les informations restent essentiellement en ligne de manière permanente.

18 Fin de la mécanographie et passage au traitement de l'information en temps réel

Ce n'est qu'avec l'avènement des disques magnétiques et d'un logiciel de gestion transactionnelle et de bases de données qu'à partir de 1965, que s'imposera progressivement le passage d'une entreprise taylorisée autour d'un processus batch de gestion à une entreprise fonctionnant en temps réel autour de ses processus naturels. L'amorce de ce passage s'est d'abord manifestée dans les très gros systèmes de gestion de stocks fugitifs (réservation aérienne). Dès 1962, était mis en service le système SABRE chez American Airlines. Les machines de l'époque (IBM 7090) n'étaient que moyennement adaptées à ce traitement, les postes d'opérateur à base de machines à écrire pas très économiques, mais l'expérience portera ses fruits et à la fin des années 1980, la mutation était définitivement faite.

On notera enfin pour la petite histoire que les cartes perforées traditionnelles étaient encore utilisées dans les machines à voter en 2000 et la lecture de leurs perforations (*chad*) a été source de polémiques en Floride.

Les machines comptables autonomes ont progressivement laissé la place à des systèmes informatiques centralisé et d'un poste de travail basé sur un ordinateur personnel assisté de dispositifs spécifiques :

- clavier de saisie d'information (code confidentiel PIM)
- organes de saisie (code barres, RFID)
- ouverture des tiroirs caisse
- imprimantes (tickets de caisse, post-marquage des chèques ...)
- dispositifs d'appel automatique du système informatique

Références:

IBM Early Computers MIT Press

ICL a business and technical history by Martin Campbell-Kelly Clarendon Press 1955

http://en.wikipedia.org/wiki/Tabulating_machine

Pour machines Bull mécanographiques, se référer à

<http://www.feb-patrimoine.com/projet/index.htm>

Pour la chronologie de IBM voir

http://www-03.ibm.com/ibm/history/history/decade_1900.html

Biographie

Jean Bellec (1935-2012) est entré à l'École des Mines en 1955. Après un bref passage à l'Institut Français du Pétrole, il est entré à la Compagnie des Machines Bull. Il a travaillé sur le projet Bull-General Electric « Charlie », visant au développement d'une ligne d'ordinateurs modernes. Il a continué naturellement sur la gamme Bull DPS7/GCOS7. Sa carrière professionnelle se confond, pour les 20 années qui suivent, avec ce projet dans lequel il a eu un rôle déterminant comme responsable de l'architecture du logiciel. À sa retraite, il a rejoint l'association « Fédération des Équipes Bull ». Il y a animé un groupe de réflexions sur l'histoire de l'informatique et de son utilisation, avec le concours de l'AHTI, d'anciens de CII, d'IBM, d'utilisateur et de labos CNRS et Université.

Le complexe de Frankenstein revisité

Stéphane Natkin¹

1. CNAM /CEDRIC

292 rue St Martin 75003 Paris

stephane.natkin@cnam.fr

RÉSUMÉ. Dans ce court texte nous analysons, par le biais des fameuses trois lois de la robotique, l'importance des dangers liés à la numérisation de notre société et la perception que nous en avons. Après avoir tenté de montrer que, d'un point de vue scientifique et technologique de tels risques existent, nous concluons en analysant les rapports d'usages qui sont sans doute au cœur de cette problématique.

ABSTRACT. In this paper we analyze, through the famous three laws of robotics, the importance of threats and dangers related to the digitalization of our society and the way they are perceived. We show first that, from a scientific and technical point of view, the fear of these dangers is justified. Our conclusion tries to show that the core of this problematic relies on the practice and usability of the "new" digital world.

MOTS-CLÉS : société numérique, sécurité, usage.

KEYWORDS : digital society, safety, security, usability

1 Les ordinateurs fous¹⁵

Le début des romans "le cycle des robots" d'Isaac Asimov (Asimov 2001) a pour héroïne Suzanne Calvin, une robot- psychologue, dont l'activité consiste à traiter la folie de ces machines très perfectionnées. L'action se situe dans un futur où les robots sont devenus indispensables à toute activité humaine. Une erreur comportementale d'un robot (résultant d'une faiblesse psychologique ou de l'influence de la méchanceté humaine) peut avoir des conséquences catastrophiques. Les robots sont régis par les fameuses trois lois de la robotique qui sont censées protéger les hommes (Robotique 2058) :

- Un robot ne peut porter atteinte à un être humain ni, restant passif, laisser cet être humain exposé au danger
- Un robot doit obéir aux ordres donnés par des êtres humains sauf quand de tels ordres sont en contradiction avec la première loi,

¹⁵ Ce texte est une adaptation de l'introduction de (Natkin 2002)

- Un robot doit protéger sa propre existence dans la mesure où une telle protection ne s'oppose pas à la première et seconde loi.

Mais la puissance des robots a pour conséquence d'exacerber la peur ancestrale des machines, dénommée par Asimov "complexe de Frankenstein".

Les robots restent à inventer mais nous avons déjà peur de nos ordinateurs. Cette peur s'est longtemps concentrée sur les effets possibles d'une erreur de programmation dans le contrôle de processus critique (Laprie 95). Elle se porte à présent sur le détournement possible des nouvelles technologies de l'information et la communication par soit des pirates et autres saboteurs sans vergogne, soit par un état aspirant au meilleur des mondes (Erickson 2008) (Gollmann 2011). Souffrons-nous du complexe de Frankenstein ou faut-il craindre avec raison les effets pervers d'une informatisation trop rapide de la société ?

Pour traiter ce problème il faut d'abord comprendre que les risques résultant d'une erreur humaine et ceux découlant d'un usage volontairement dangereux des ordinateurs sont très liés. Ces risques résultent essentiellement, dans les deux cas, d'une mauvaise spécification : nous ne savons pas définir exactement ce que nos machines doivent faire ou ne pas faire. Nous ne savons pas encore implanter les trois lois de la robotique qui limiteraient drastiquement leurs comportements dangereux et nous confions chaque jour des opérations de plus en plus complexes à nos systèmes informatiques.

Remarquons ensuite que cette peur a des fondements raisonnables. Les ordinateurs peuvent devenir fous et cette folie peut prendre de multiples formes. La dépression électronique la plus courante s'exprime par un refus clair et définitif de faire quoi que ce soit, mais il existe des pathologies plus complexes et plus rares. Par exemple l'ordinateur peut faire trop tôt ou trop tard ce qu'il devait faire ou, cas de folie grave, accomplir des actions qui sont fort différentes de celles attendues. Par ailleurs votre ordinateur a un caractère influençable. Il peut se laisser pervertir par un pirate et détruire votre courrier, transformer votre écran en une œuvre d'art minimaliste ou inonder la planète de messages pornographiques. Il peut se soumettre à un marchand pour guetter à votre insu vos comportements de consommateurs. Il peut devenir un agent d'un état policier et surveiller vos communications. Le caractère imparfait de ces faibles machines est bien connu puisque "c'est la faute à l'ordinateur" constitue une excuse de plus en plus utilisée aux défaillances humaines. Les conséquences des dysfonctionnements sont dans la majorité des cas assez bénignes : Tout utilisateur d'un ordinateur personnel a eu la joie de se "retaper" deux ou trois fois la même chose, suite à la "perte d'un fichier". Toutefois, comme les ordinateurs se mêlent chaque jour un peu plus à toutes les activités humaines, il existe des domaines d'utilisation de l'informatique où les états d'âme de nos collaborateurs électroniques peuvent avoir des conséquences considérables. Dans le domaine des cataclysmes actuellement observables ou observés, citons la paralysie des serveurs Web, la disparition de sommes considérables, la faillite d'une entreprise qui ne peut plus facturer, la création d'embouteillages monstrueux, l'échec du tir d'Ariane ou une panne de courant paralysant une métropole. Le contrôle informatisé de processus techniques de plus en plus complexes augmente le risque de

catastrophe. Le développement d'applications qui reposent sur l'authentification numérique (comme la signature électronique) crée une dépendance dont les effets individuels ou collectifs peuvent être désastreux. Le jour où les systèmes électroniques ne sauront plus reconnaître votre carte d'identité à puce, existerez vous encore ? Constatons à nouveau que ces événements peuvent aussi bien résulter d'une défaillance ou d'un sabotage.

La robot-psychologue, Suzanne Calvin, vieille fille frustrée, a beaucoup plus d'affinité pour les robots que pour les hommes et utilise sa grande intelligence à laver les soupçons qu'à chaque incident l'humanité fait peser sur ses protégés. Les nouvelles écrites par Asimov permettent à Susan Calvin de montrer que les robots ne sont en général que les victimes de l'ignorance, la bêtise ou la malignité humaine. Les statistiques montrent que ce constat peut être appliqué à nos ordinateurs. La part des sinistres qui peut être imputés à un phénomène accidentel est inférieure à 25%, toutes les autres causes sont des conséquences directes ou indirectes d'un comportement erroné ou malveillant des hommes. Ces statistiques sont sans doutes à prendre avec de grandes précautions, mais elles sont aussi un début de preuve de l'innocence des ordinateurs.

2 La complexité des systèmes d'information et des systèmes informatiques

Comme toute forme de folie, celle des ordinateurs est une tare honteuse que les concepteurs de systèmes informatiques cachent le plus longtemps possible. Lorsque la catastrophe est patente, il est de bon ton de trouver un responsable, montrant l'erreur et par la même la capacité à l'éviter. Ce qui sous-entend, comme dans toute analyse primaire de la folie, qu'il existe un comportement sain et que la déviation à ce comportement peut être guérie soit en punissant les coupables humains, soit en "réparant" le système, soit en l'envoyant à la casse (la nécessité d'un asile pour ordinateurs défectueux n'est pas envisagée, même dans les livres d'Asimov).

Ce raisonnement ne résiste pas à une analyse approfondie. Pour s'en convaincre, il faut chercher à définir en quoi consiste la panne d'un ordinateur telle qu'elle est perçue par ses utilisateurs. Il n'existe d'autre définition que la déviation par rapport à un comportement attendu, créant ainsi une notion de normalité. Mais, les hommes, créateurs de la machine, ne sont pas supposés déduire par analyse psychologique, sociologique ou éthique, les critères normatifs applicables. Ils devraient, *deus ex machina*, spécifier ce comportement avant que la machine ne soit créée, ceci permettant de vérifier pendant le processus de conception ou lors des étapes d'essais et de test que le comportement réalisé est conforme à celui attendu.

En toute généralité, cette tâche est, et restera probablement pour fort longtemps, impossible à réaliser. En effet un ordinateur évolue et réagit en fonction du reste de l'univers, composé entre autre de ses utilisateurs, des phénomènes physiques divers qui peuvent l'affecter lui-même ou le système (jeux vidéo, comptabilité, train, centrale nucléaire) qu'il contrôle. Par ailleurs dans un environnement agressif certaines défaillances, et certains comportements anormaux ou malveillants des hommes doivent donner lieu à une réaction contrôlée. Spécifier les comportements

"normaux" de l'ordinateur suppose donc de pouvoir définir toutes les actions, séquentielles ou imbriquées, qui peuvent affecter l'ordinateur et son environnement. Il faut ensuite, pour chaque cas recensé, décrire les réactions attendues de la machine. De plus cette description se doit d'être complète et non ambiguë, donc doit être exprimée selon un système formel. En d'autres termes il s'agit de formaliser une portion de l'univers, celle qui se trouve dans un voisinage proche de la machine. Considérons par exemple le pilotage automatique d'une ligne de métro, dans lesquels les ordinateurs remplacent les conducteurs. Outre les métros, les voies ferrées, avec de nombreux aiguillages, des signaux complexes, un tel système comporte des opérateurs humains qui en général suivent les procédures d'exploitation mais qui peuvent se tromper, des passagers qui parfois empêchent les portes de se fermer pour décoincer leur sac à dos ou qui se jettent sous le métro par désespoir sentimental, des rochers qui peuvent éventuellement tomber sur la voie, des règlements nationaux inadaptés qui définissent diverses limites d'utilisation, des terroristes en mal de sabotage et des lutins mystérieux qui peuvent provoquer des pannes variées de tout ce qui vient d'être mentionné. Le problème est simple : pour définir ce que doivent faire les ordinateurs "normaux", il faut, au préalable avoir mis tout ce petit monde sous forme d'équations. Il existe peut être une forme d'intelligence supérieure qui sait faire cela, mais c'est hors de la connaissance scientifique. Il est probable que le jour où les hommes sauront résoudre ce problème (à supposer qu'il sache le faire un jour), la plus grande partie des autres problèmes ouverts en matière de sciences physiques et humaines seront clos.

En supposant possible la capacité à spécifier les objectifs attendus, la conception de systèmes informatiques sûrs nécessite de résoudre une seconde classe de problèmes qui est liée à leur complexité intrinsèque. Un ordinateur, tel que celui qui est utilisé pour taper ce texte est le résultat d'un processus de conception réalisé en plusieurs phases. Il comporte la conception du matériel et en amont de ses composants (microprocesseurs, mémoires...), d'un système d'exploitation, puis d'un ou plusieurs programmes comme le traitement de texte. Chacun de ces composants repose essentiellement sur le raisonnement de son concepteur exprimé dans un langage formel. L'ensemble devrait être parfaitement apte à permettre de saisir ce texte. Malheureusement, pour les raisons exposées plus haut, nul ne peut prédire toutes les façons d'utiliser le traitement de texte. Le concepteur du système d'exploitation ne peut connaître tous les usages du système par les logiciels d'applications. Les architectes matériels ont conçus processeurs, mémoires et cartes en pensant à certaines fonctionnalités des futurs systèmes d'exploitation et en ignorant d'autres. Cet ordinateur est donc basé sur la collaboration entre trois (groupes d') humains qui ne peuvent pas se comprendre complètement. Pour comprendre à posteriori comment marche cette machine, il est nécessaire de faire appel à des techniques expérimentales et d'analyses probabilistes, comme pour comprendre l'électeur moyen ou le virus de la grippe.

Les problèmes et risques liés aux usages actuels de l'Internet résultent du même phénomène à l'échelle de la planète. Il fut créé comme une plate-forme d'expérimentation des recherches en matière de télécommunication numérique et un moyen d'échange entre chercheurs universitaires. La technologie de l'Internet et son

déploiement résulte d'un processus complexe, non contrôlé par les administrations, basé sur le volontariat et le sponsoring des universités et de certains constructeurs d'ordinateur. Les principaux objectifs visés étaient la facilité de rattachement au réseau (il suffit d'avoir le téléphone) et la possibilité de développer et d'échanger de nouveaux logiciels expérimentaux. L'Internet répond parfaitement à ces besoins. Par contre, il n'a à priori aucune qualité pour faire du de la diffusion de media, du commerce électronique, de la domotique ou de la communication d'entreprise. L'usage a changé, la spécification des besoins n'est pas encore bien posée. Il ne faut donc pas s'étonner de rencontrer quelques problèmes.

Il résulte donc de ce qui vient d'être énoncé, que, même si ce n'est pas leur faute, il faut avoir peur des ordinateurs. Nous allons nuancer ce jugement en considérant le processus d'apprentissage social qui détermine nos relations avec numérique.

3 De la pratique sociale des ordinateurs

La relation entre les ordinateurs et leurs utilisateurs est devenu un des champs les plus important de recherche et de développement de l'informatique. Aujourd'hui plus de 50% de la puissance informatique est consacrée à l'interaction homme/machine et ce taux ne fait qu'augmenter. Rien de plus normal : presque tous les objets que nous fréquentons et que nous utilisons sont contrôlés par des processeurs, de notre voiture à la porte d'entrée du bureau. Demain ce sera le frigidaire, le masseur intégré dans le fauteuil, le mobilier urbain.... Demain la vie sera numérique, l'Internet des objets et l'intelligence ambiante nous cerneront. Mais la ou la technologie plane, la sociologie et la psychologie rame et notre pratique personnelle nous coule, surtout lorsque l'on n'est pas un « digital native ».

Considérons l'usage du courrier électronique. Le courrier électronique est très vulnérable à toute forme d'attaque : il est possible de le détruire, de le détourner, de modifier l'expéditeur, le destinataire et le contenu sans trop de difficulté. Pourtant cette caractéristique nous échappe en général et nous faisons des « reply to all » généreux et inconsidérés aux messages reçus. Pourtant lorsque nous utilisons le courrier postal "normal" et en voie de disparition, nous nous posons peu de questions : s'il s'agit d'un message d'usage courant nous collons un timbre, s'il a une importance contractuelle limitée nous utilisons le recommandé avec accusé de réception, pour les courriers très importants nous utilisons un porteur ou un huissier. Nous avons une pratique sociale qui nous fait adapter notre usage au risque encouru sans pour autant mener à chaque fois une étude de risques. Il existe des formes équivalentes du courrier électronique, mais nous ne savons pas encore les pratiquer. D'ailleurs, le même flou existe en matière de formule de politesse : selon l'origine de l'expéditeur, un courrier électronique commence par Monsieur, Bonjour, Salut, :-) ou une absence totale de (formule de) politesse. Cet exemple est démultiplié par cent si l'on considère l'ensemble des formes de communications que nous offre la vie numérique actuelle : les SMS, Facebook, le tweet et autres chats...

De façon plus générale, il n'y a pas de pratique sociale définie pour la plus grande partie de notre vie numérique. Nous singeons dans les livres et journaux

électronique les techniques d'édition du papier alors qu'il est évident que ce n'est pas la forme d'écriture et de lecture adaptée (Ciment & Natkin 2011). Nous essayons de protéger le droit des artistes et des créateurs en nous appuyant sur un droit sur la propriété intellectuelle et des règlements des sociétés d'auteurs créés en 1945.

Si les états et les utilisateurs moyens sont mal connectés, les attaquants eux se sont adaptés et démontrent chaque jour que nos mécaniques et nos lois peuvent être contournées que ce soit pour notre bien ou pour notre mal. Les attaques du DNS par déni de services que nous envisagions en 2002 se sont produites (Natkin 2002). Les hackers sont sortis d'une quête à la notoriété pour un militantisme politique dont les Anonymes sont le modèle. Les pirates commencent à gagner de l'argent, ne serait ce qu'en vendant de la musique qui ne leur appartient pas.

Une anecdote démontre les contradictions entre nos pratiques sociales et économique, les mécanismes légaux et le mode numérique (Natkin 2006). Elle concerne les jeux en ligne massivement multi-joueurs (MMOG). Dans ces univers virtuels qui disposent d'une monnaie et d'un système commercial, il n'y a pas de banque centrale. Un logiciel de régulation contrôle les émissions et destructions de monnaie. En 2005 un économiste étudie le système monétaire du jeu « Starwars on Line (SOL) » et constate que la quantité de monnaie détruite par le jeu est supérieur à celle créée. Un phénomène de déflation devrait en résulter or il n'en est rien. Poursuivant son enquête notre économiste découvre que des hackers produisent de la fausse monnaie de SOL. C'est cette monnaie, non identifiable par le régulateur, qui équilibre les comptes. Mais la partie la plus étonnante de l'histoire est que la monnaie SOL pouvait être vendue et achetée sur ebay contre des dollars, certes électroniques, mais générés par le trésor US. Conclusion : si vous désirez vous lancer dans la confection de fausse monnaie il existe deux solutions. La traditionnelle consiste à recruter un graveur, trouver du papier adéquat et une imprimerie cachée. Si vous vous faite prendre vous risquez quelques dizaines d'années de prison. La méthode numérique consiste à fabriquer des faux sols électroniques (ou tout autre bien virtuel commercialisable) dans un jeu MMOG ou dans un réseau social puis de les revendre en ligne contre de bons dollars. Si vous êtes pris vous serez interdit de jouer à SOL pour avoir violé le contrat d'achat...

De la même façon, la peur du pilote automatique de métro est en grande partie liée à un usage professionnel non maîtrisé. Dans la plus grande partie des systèmes actuels, cent fois plus de précautions sont prises dans la conception du pilote automatique que dans celle des freins. Pourtant, sans freins, un pilote, automatique ou humain, ne peut rien faire. La différence tient au fait que notre pratique de la technologie des freins à plus de cent cinquante ans et celle des ordinateurs une cinquantaine d'années.

Au fur et à mesure qu'une pratique sociale s'impose, la spécification des besoins peut être déterminée, le niveau des risques acceptables évalué et les moyens techniques nécessaires développés et mis en œuvre. On peut alors envisager de légiférer ou de réglementer. Dans certains cas, il est urgent d'attendre. Il y a une dizaine d'années, de peur de rater un train technologique, la France et la

communauté européenne légiféraient à tour de lois et règlements sur l'usage de systèmes très complexes d'infrastructures à clef publiques, destinés à assurer la sécurité des échanges électroniques. Ces systèmes se sont révélés généralement inadaptés. Ils induisent à la fois un risque de contrôle étatique et celui d'une perte, par les mêmes états, de pouvoirs (comme la délivrance de papiers d'identité) essentiels à un fonctionnement cohérent d'une société démocratique. Lors de la première rédaction de ce texte, le commerce électronique avec le consommateur final commençait à peine à émerger et entre société était encore un concept. On imaginait des solutions de très haute sécurité. Quinze ans plus tard l'administration fiscale a renoncé aux certificats et la banque se contente de mots de passe. L'expérience a permis de définir un équilibre entre sécurité et une facilité d'usage adaptée.

Il existe donc une probabilité raisonnable de pouvoir cohabiter et même collaborer avec les ordinateurs. Il suffit de prendre le temps de savoir ce que nous voulons en faire et comment. Lorsque le problème est bien posé, les solutions techniques, existent déjà souvent et, dans le cas contraire, seront inventées.

Bibliographie

- Asimov I. (2001). *Les robots*, J'ai Lu, 2001, Paris
- Ciment G., Natkin S. (2011). Quelques media en voie de disparition : de la presse à la bande dessinée, *Impertinence 2011*, La documentation Française, Paris
- Erikson J. (2008). *Hacking, the Art of Exploitation*, No Starch Press, californie USA
- Gollmann D. (2011). *Computer Security*, J. Wiley and Sons, NY USA
- Laprie J.C. et als (1995). *Le guide de la sûreté de fonctionnement*, CEPADUES, Toulouse
- Natkin S. (2002). *Les Protocoles de sécurité de l'Internet* - Dunod, 2002
- Natkin S. (2006). *Games and Interactive Media: A Glimpse to New Digital Entertainment*, AK Peters, Boston
- Robotique. (2058). Manuel de la robotique, 58 édition, USA 2058, cité dans (Asimov 2001)

Biographie

Stéphane Natkin est professeur au CNAM, directeur de l'Ecole Nationale des Jeux et Media Interactifs (ENJMIN) et responsable de l'équipe Media Interaction et Mobilité au CEDRIC. Il est membre du CA du CNAM, du CA et du BE de Cap Digital. Il est l'auteur de nombreuses publication dans le domaine des systèmes critiques, des media interactifs et des jeux vidéos.

Le droit du numérique : une histoire à préserver

François Pellegrini¹, Sébastien Canevet²

1. LaBRI & INRIA Bordeaux Sud-Ouest

Université Bordeaux I, 351 cours de la Libération, F-33405 Talence, France
francois.pellegrini@labri.fr

2. Université de Poitiers

IUT GEA, 8 rue Archimède, F-79000 Niort, France
sebastien@canevet.net

RÉSUMÉ. Bien que l'histoire de l'informatique soit récente, cette discipline pose des problèmes de conservation inédits. Ceux-ci sont amplifiés par des questions d'ordre juridique, le droit du numérique constituant en lui-même un objet d'étude dont l'histoire a également sa place dans un musée de l'informatique. L'objectif de cet article est de proposer un tour d'horizon de l'évolution du droit du numérique, tant du point de vue historique que de son impact sur la conservation et la présentation des pièces.

ABSTRACT. Although the history of informatics is recent, this field poses unusual problems with respect to preservation. These problems are amplified by legal issues, digital law being in itself a subject matter whose history is also worth presenting in a computer science museum. The purpose of this paper is to present a quick overview of the evolution of law regarding digital matters, from an historical perspective as well as with respect to the preservation and presentation of the works.

MOTS-CLÉS : droit, numérique, logiciel, droit d'auteur, licence, format, interopérabilité, données personnelles, Internet.

KEYWORDS: law, digital, software, copyright, license, format, interoperability, privacy, Internet.

1. Introduction

Le logiciel a un rôle à part dans l'histoire humaine : c'est le premier outil mécanisé qui soit une extension de notre esprit plutôt que de notre corps. Alors que la machine, moteur et objet de la révolution industrielle, permet à une personne de mettre en jeu une puissance physique plus grande que celle de son corps, le logiciel, moteur et objet de la révolution numérique, permet à cette même personne de traiter l'information avec une puissance supérieure à celle de son esprit.

Confronté à l'irruption des technologies numériques, le législateur a été amené à questionner les fondements du droit autant qu'à organiser les usages nouveaux que permettaient la technique. Identité numérique, statut des données personnelles (avec

la naissance de la CNIL, suscitée par la capacité de traitement informatisé), statut et neutralité d'Internet, interopérabilité, protection juridique du logiciel, variété des licences logicielles et des modèles économiques, mutation du droit d'auteur et du droit de la presse, etc., tels sont les nombreux chantiers, pour la plupart encore ouverts, auxquels l'internationalisation des échanges numériques ajoute une complexité supplémentaire.

Nous pensons que la sauvegarde et la présentation au public du patrimoine lié au numérique doit inclure ces aspects juridiques, afin d'illustrer l'étendue des bouleversements apportés à la société par l'irruption du numérique, et la manière dont ils ont été appréhendés.

Dans cet article, nous nous attacherons à identifier les principaux domaines du droit qui ont été impactés par la révolution numérique. Nous évoquerons pour chacun d'entre eux les textes et dates clés qui permettent de les replacer dans une perspective historique. Ce premier travail n'a pas pour ambition d'être exhaustif, mais plutôt d'aider les spécialistes de la muséographie à créer de nouveaux liens entre les différents témoins de l'histoire numérique, en dehors du seul angle de l'évolution de la technique. Nous nous focaliserons plus spécifiquement sur quelques secteurs, dont celui d'Internet ainsi que celui du logiciel.

2. Quel droit pour le logiciel ?

Tant que les ordinateurs n'étaient construits qu'en quelques exemplaires, l'activité de développement de programmes restait fortement liée à l'activité de conception des machines. Son coût était dilué dans ceux de conception et de maintenance des matériels. Ce n'est qu'à partir de l'existence d'une base installée suffisante d'ordinateurs de même type¹⁶ que l'activité de programmation a pu être vue comme une activité économique indépendante, découplée de la fabrication de l'ordinateur lui-même.

La prise de conscience de la nature spécifique du logiciel, puis de son existence en tant que produit autonome, a trouvé son aboutissement à la fin des années 1960. À cette époque, la société IBM accaparait quatre-vingt-dix pour cent du marché mondial de l'informatique. Elle distribuait gratuitement son système d'exploitation, ses logiciels d'usage général et leurs codes sources, comme autant de fournitures annexes à ses ordinateurs, au même titre que les manuels d'utilisation.

Face à l'arrivée de concurrents souhaitant commercialiser des matériels compatibles avec ses propres ordinateurs, et parce que la divulgation du code source de son système d'exploitation facilitait le travail de ses concurrents, IBM décida de ne plus le leur fournir. Les dits concurrents contactèrent alors le Département de la justice afin d'entamer des poursuites contre IBM pour abus de position dominante, sur le fondement du Sherman Act.

¹⁶ L'UNIVAC I de la société Remington Rand, commercialisé à partir de juin 1951, fut le premier ordinateur produit de façon industrielle et fut vendu à 46 exemplaires.

Afin de contrer cette action, lancée en janvier 1969, IBM annonça dès juin 1969 une politique d' « *unbundling* » (« dégroupage »), c'est-à-dire de fourniture et de facturation séparée des matériels et des logiciels¹⁷. Le droit des affaires n'étant souvent que la représentation d'une réalité comptable par d'autres moyens, cette décision eut pour conséquence l'apparition des premières Conditions générales de vente.

L'affaire n'en resta pas là, et une cascade de procès secondaires amena à faire condamner IBM devant la Cour suprême en 1972. Cette décision obligea IBM d'une part à mettre en œuvre de façon effective la facturation séparée son matériel et de ses logiciels, et d'autre part à devoir fournir ces derniers sans discrimination, y compris à ses concurrents sur le segment des matériels¹⁸.

Ces événements marquent ainsi la date de naissance de l'industrie du logiciel. Ils conduisirent naturellement à s'interroger sur la protection de ce dernier par le droit, ainsi que sur le statut de ses créateurs.

2.1. Le choix du droit d'auteur

Les logiciels sont tout à la fois œuvres de l'esprit et biens substituables¹⁹ à usage industriel. Pour assurer leur protection, trois possibilités s'offraient au législateur français : élaborer un droit autonome spécifique au logiciel, rattacher la protection du logiciel au droit d'auteur ou la rattacher à celle des brevets.

La voie du droit spécifique était sans doute la solution la plus adaptée du point de vue théorique. En revanche, elle présentait le notable inconvénient de n'être qu'une protection franco-française, sans reconnaissance ni efficacité à l'international, ce qui eut pris des années à mettre en place.

La voie de la protection par le brevet ayant été écartée assez vite, parce qu'inadaptée, c'est en définitive la voie du rattachement au droit d'auteur qui a été privilégiée. Elle présentait le notable avantage de permettre au logiciel de bénéficier immédiatement de l'ensemble des conventions et traités internationaux protégeant le droit d'auteur, notamment la convention de Berne de 1886.

La jurisprudence devança même le législateur, puisque les premières décisions précèdent l'intégration du droit du logiciel dans le Code de la propriété intellectuelle (CPI). La jurisprudence fondatrice, la célèbre affaire *Babolat c/ Pachot*, a donné lieu

¹⁷ IBM avait évalué forfaitairement à trois pour cent le prix des logiciels, de la formation et de l'assistance technique, les quatre-vingt-dix-sept pour cent restants revenant encore, noblesse oblige, au matériel.

¹⁸ Quant aux investigations initiales du Département de la justice, elles suivirent leur cours sous la forme d'une guerre de tranchées juridique, qui ne se conclut qu'en 1982 (!) par un classement de l'affaire, le procès étant jugé sans objet (« *without merit* ») au vu de l'évolution de la situation.

¹⁹ On appelle substituable un bien qui peut remplacer ou être remplacé par un autre bien pour répondre à un même besoin. La substituable d'un bien ou d'un service peut dépendre de facteurs externes. Par exemple, certains produits peuvent devenir substituables au pétrole en raison de son renchérissement ; le train et l'avion peuvent être des services substituables si la géographie le permet, etc.

à une première décision dès 1982²⁰, alors que ce n'est que par le biais de la loi du 3 juillet 1985²¹ que le Parlement accueillit explicitement le logiciel au sein du droit d'auteur. Pour tenir compte des spécificités de l'œuvre logicielle, plus industrielle qu'artistique, la loi de 1985 amenda cependant le droit d'auteur applicable aux programmes informatiques, d'une façon que nous préciserons plus bas.

Aux États-Unis, la *Commission on New Technological Uses of Copyrighted Works* (« Commission des nouveaux usages technologiques des travaux protégés par le copyright ») fut créée en 1974 pour contribuer à la modernisation de la loi étatsunienne sur le copyright suite à l'émergence des nouvelles technologies de l'époque : le photocopieur et l'ordinateur. Elle recommanda que le logiciel puisse être protégé par le copyright. Cette idée fut mise en œuvre en 1980 par le Congrès étatsunien, qui étendit la protection du *Copyright Act* aux logiciels, en insérant au paragraphe 111 de ce texte une définition des « *computer programs* » les protégeant au même titre qu'une œuvre littéraire. La jurisprudence emboîta rapidement le pas au législateur, notamment par le célèbre arrêt *Apple v. Franklin*²².

Tous les pays confrontés à la question de la protection des programmes d'ordinateur, incités par ces premiers mouvements, conclurent eux aussi en faveur de l'intégration du logiciel dans le droit d'auteur. Ce processus s'acheva en Europe avec la Directive du Conseil du 14 mai 1991 sur la protection des programmes d'ordinateurs²³, qui harmonisa cette protection au sein de l'Union européenne. Cette directive fut transposée en France par la loi du 10 mai 1994²⁴, qui modifia certaines des dispositions de la loi de 1985.

2.1. Adaptation du droit d'auteur au logiciel

Le logiciel est donc protégé par le droit d'auteur, au même titre qu'un livre ou un tableau. Cependant, son caractère et sa finalité, plus utilitaires qu'artistiques, ont conduit le législateur à adapter le droit d'auteur à ses spécificités. Il s'est agi également de tenter d'assurer un équilibre entre les droits des auteurs, ceux de leurs

²⁰ Si l'affaire « Pachot » ne vit son terme que le 7 mars 1986, par une décision de la Cour de cassation (Cass. Ass. Plén., 7 mars 1986, n° 83-10477, Babolat c/Pachot), celle-ci fut précédée de plusieurs jugements et arrêts antérieurs : jugement du 18 novembre 1980 du Tribunal de commerce (15^e chambre), et arrêt du 2 novembre 1982 de la Cour d'appel de Paris (4^e chambre). C'est à la Cour de cassation que revient le mérite d'avoir formalisé la notion d'« apport intellectuel » pour qualifier ce qui relève de l'« originalité » de l'apport de l'auteur dans le domaine artistique.

²¹ Loi n° 85-660 du 3 juillet 1985 relative aux droits d'auteur et aux droits des artistes-interprètes, des producteurs de phonogrammes et de vidéogrammes et des entreprises de communication audiovisuelle.

²² *Apple Computer, Inc. v. Franklin Computer Corporation*. U.S. Court of Appeals Third Circuit, 30 août 1983 - 714 F.2d 1240, 219 USPQ 113.

²³ Directive 91/250/CEE du Conseil des communautés européennes, du 14 mai 1991, concernant la protection juridique des programmes d'ordinateur. Journal officiel n° L 122 du 17/05/1991, p. 0042 - 0046.

²⁴ Loi n° 94-361 du 10 mai 1994 portant mise en œuvre de la directive (C.E.E.) n° 91-250 du Conseil des communautés européennes en date du 14 mai 1991 concernant la protection juridique des programmes d'ordinateur et modifiant le CPI.

employeurs et ceux des utilisateurs. Tant les droits patrimoniaux que les droits extra-patrimoniaux ont donc été amputés par rapport à ceux qui s'appliquent aux autres types d'œuvres. Les principales dispositions le concernant ont été historiquement introduites par le titre V de la loi de 1985, intitulé : « Des logiciels ».

Tout d'abord, prenant acte du caractère industriel de la production logicielle, les droits patrimoniaux concernant un logiciel réalisé par un salarié ou fonctionnaire dans l'exercice de ses fonctions sont systématiquement dévolus à l'employeur. Cette disposition rompit avec le droit d'auteur traditionnel, centré sur l'auteur, qui disposait à l'époque que les droits patrimoniaux de l'auteur de l'œuvre non logicielle devaient faire l'objet d'un acte de cession explicite, la simple existence du contrat de travail ne suffisant pas à transférer à l'employeur les droits patrimoniaux sur l'œuvre créée. Sur ce point, la loi DADVSI²⁵ de 2006 a finalement aligné le statut de toute œuvre créée par le salarié ou le fonctionnaire dans l'exercice de sa mission sur celui de l'œuvre logicielle, reflétant l'industrialisation de l'ensemble de la production intellectuelle.

Également en rupture avec le statut traditionnel de l'auteur, la Loi de 1985 a autorisé que la cession des droits sur une œuvre logicielle puisse se faire pour un montant forfaitaire, et non sur la base de royalties dépendant du nombre d'exemplaires vendus. Il s'agissait de prendre acte de la réalisation de prestations à façon, le logiciel réalisé en sous-traitance pouvant être utilisé ou revendu en un nombre quelconque d'exemplaires par son commanditaire.

De même, afin que chaque licence puisse être facturée, l'exception de copie privée fut supprimée pour les logiciels, et remplacée par le droit d'effectuer une copie de sauvegarde, celle-ci ne pouvant être utilisée qu'en cas de défaillance du support original.

Une disposition originale de la loi de 1985 fut de réduire la durée des droits patrimoniaux sur les œuvres logicielles à 25 ans, au lieu de 50 ans après la date de décès du dernier auteur survivant. Le législateur prenait ainsi acte de l'obsolescence rapide des produits dans ce secteur, du fait de leur substituabilité, et ouvrait la porte à l'existence d'un domaine public logiciel vivant. Cette exception fut malheureusement supprimée lors de la transposition de la directive 91/250/CE²⁶. La durée des droits patrimoniaux des logiciels, désormais soumise au régime général, fut portée à 70 ans après le décès de l'auteur par la loi de 1997²⁷.

²⁵ Loi n° 2006-961 du 1er août 2006 relative au droit d'auteur et aux droits voisins dans la société de l'information.

²⁶ Il peut cependant exister une fenêtre d'opportunité pour les logiciels antérieurs à 1969, s'ils ont été publiquement diffusés en tant qu'œuvres de domaine public avant la promulgation des décrets d'application de la loi de 1994.

²⁷ Loi n° 97-283 du 27 mars 1997 portant transposition dans le Code de la propriété intellectuelle des directives du Conseil des Communautés européennes n° 93/83 du 27 septembre 1993 et n° 93/98 du 29 octobre 1993. Dans le cas des œuvres collectives, il s'agit d'une durée de 70 ans comptée après le 1er janvier suivant la date de parution.

2.2. La diversité des licences

Avant même le rattachement effectif du logiciel au droit d'auteur, les éditeurs de logiciels ont affiné un corpus de clauses contractuelles afin d'empêcher l'usage de ceux-ci sans contrepartie. Ces dispositions, initialement issues du droit des contrats industriels (fourniture de produits et de prestations), furent reformulées selon les dispositions du droit d'auteur une fois la protection du logiciel par ce dernier acquise.

Aux États-Unis, le rattachement du logiciel au droit d'auteur permet d'y remplacer le contrat par la « *license* », cette dernière y représentant un outil juridique bien plus intéressant que le premier. Du fait que les États-Unis sont un pays fédéral, le droit des contrats peut s'y appliquer différemment d'un État à l'autre, alors que la *license*, qui relève du droit fédéral, est d'une interprétation uniforme.

En France, où cette distinction n'est pas de mise, les *licenses* sont considérées par le juge sous l'angle contractuel. On les y qualifie de « licences », bien que ce terme désigne en droit national un objet juridique différent, plus apparenté aux conventions collectives. Ceci n'a pas empêché les tribunaux nationaux de les recevoir favorablement.

Le modèle économique dominant des éditeurs de logiciels consiste à vendre en de multiples exemplaires un même logiciel, dont le coût de fabrication est (au moins partiellement) mutualisé entre les acheteurs. Le prix de vente unitaire est alors inférieur au coût de développement à façon qu'aurait eu à supporter individuellement chaque client.

Les *licenses* qui sous-tendent ce modèle, que nous appellerons « privatives²⁸ », ont en commun de réserver l'intégralité des droits au titulaire de ceux-ci. Même le droit d'usage peut en effet faire l'objet de restrictions²⁹. La très grande liberté de rédaction de ces licences a permis l'expérimentation de multiples modèles économiques, comme l'illustrent deux sous-classes des licences privatives : les licences de type « partagiciel », ou « *shareware* », qui autorisent la libre redistribution — selon le modèle dit du « marketing viral » — mais conditionnent l'usage au paiement d'une redevance, et les licences de type « gratuiticiel », ou

²⁸ Nous préférons ce terme au terme de « propriétaire » couramment usité. Nous l'entendons presque dans le sens où l'entend le droit immobilier lorsqu'il distingue les « parties privatives », réservées au seul usage du copropriétaire, des parties communes qui peuvent être utilisées par l'ensemble des copropriétaires et des usagers du bien immobilier. Le terme « propriétaire » nous semble inapproprié car il peut faire accroire que seules ces *licenses* relèvent de la « propriété intellectuelle », à l'opposé des *licenses* « libres » que nous présenterons plus bas (et que certains appellent à tort « libres de droits »). Ceci est inexact, puisque toutes les *licenses* s'appuient sur le droit d'auteur pour concéder des droits et/ou des devoirs à leurs récipiendaires.

²⁹ La créativité des éditeurs est en la matière sans limite. Par exemple, MicrosoftTM avait inséré dans les conditions générales d'utilisation de son logiciel FrontPageTM 2002, une clause de censure interdisant « d'utiliser [certains composants de ce logiciel] sur un site qui dénigre Microsoft, MSN, MSNBC, Expedia ou leurs produits ou services [...] ou incite au racisme, à la haine ou à la pornographie ».

« *freeware* », qui autorisent l'usage gratuit mais interdisent souvent la redistribution — l'obligation de téléchargement auprès du site de l'éditeur permettant à celui-ci d'accumuler des informations commerciales. Citons également pour l'anecdote les « carticiels », qui demandent que l'utilisateur envoie une carte postale de remerciement à l'auteur, ou encore les « cariticiels », qui requièrent l'envoi d'une contribution à une organisation caritative laissée au libre choix de l'utilisateur.

Cependant, bien avant l'apparition des éditeurs, d'autres modes de production mettaient en œuvre une mutualisation du coût de développement entre les usagers : il s'agissait des clubs d'utilisateurs, encouragés et parfois même financés par les constructeurs informatiques. Leurs membres étaient très enclins à partager les outils logiciels qu'ils développaient, car cela leur permettait de mutualiser leur charge de travail par rapport à leur objectif : faire fonctionner de façon optimale leur système informatique.

L'apparition du modèle d'éditeur commercial sembla sonner le glas de ces clubs, perçus comme des concurrents, voire des parasites, sur ce marché naissant. L'une des illustrations les plus frappantes de cette divergence de pensée est la lettre ouverte écrite par Bill Gates aux « hobbyistes » en date du 3 février 1976³⁰, dans laquelle le jeune entrepreneur se désolait du faible taux d'achat de son interpréteur Basic auprès des possesseurs d'ordinateurs cibles.

Cependant, suivant un phénomène de co-évolution classique, tandis que se développaient les éditeurs privatifs, un autre système de protection se mit parallèlement en place dans le milieu des « hobbyistes ». Il prit la forme de *licenses* spécifiques, dites « libres », s'appuyant sur le droit du copyright récemment acquis par les logiciels. La construction de ce corpus juridique et théorique fut elle aussi progressive. Nous en retiendrons quelques dates clés, telles que la création de la Free Software Foundation en octobre 1985, et la publication de la version 1 de la *General Public License* en février 1989. Tout comme les *licenses* privatives, les *licenses* libres furent favorablement reçues par les juges nationaux³¹.

Les deux écosystèmes coexistent toujours, chacun occupant les environnements au sein desquels il est le plus efficace, la frontière entre les deux univers pouvant également évoluer au gré des législations favorables ou contraires à l'un ou l'autre modèle.

3. Le numérique irrigue la société

On peut isoler, dans le continuum historique de l'informatique, des dates charnières associées à l'apparition de produits représentatifs de changements de paradigmes. On pense par exemple à l'adoption du Minitel en France, des interfaces

³⁰ Cf. : http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bill_Gates_Letter_to_Hobbyists.jpg.

³¹ Cf. : CA Paris, pôle 5, ch. 10, 16 sept. 2009, SA EDU 4 c/ Association AFPA ; TGI Chambéry, 15 nov. 2007, Espaces et Réseaux Numériques c/ Conseil général de Savoie et Université de Savoie ; TGI Paris, 28 mars 2007, Educaffix c/ Cnrs, Université Joseph Fourier et al.

graphiques, etc. Il en est de même au niveau du droit : l'évolution, nécessairement lente, des mentalités et des pratiques se cristallise en un certain nombre de textes faisant référence par la suite. Nous allons, dans cette section, essayer d'en évoquer quelques uns.

3.1. Le statut des données personnelles

C'est à la suite d'un projet de fusion de différents fichiers contenant des données personnelles concernant les citoyens français, que l'informatique fit pour la première fois intrusion dans le champ juridique. L'Insee et plusieurs services administratifs ayant eu le projet d'interconnecter leurs fichiers de données personnelles au sein du système Safari (pour « *Système automatisé pour les Fichiers Administratifs et le Répertoire des Individus* »), de nombreuses voix s'élevèrent contre cette initiative jugée liberticide. La plus emblématique fut sans doute celle de Jacques Fauvet, dans sa célèbre chronique du Monde du 21 mars 1974 : « *Safari ou la chasse aux français* ».

Le gouvernement, ayant pris conscience du danger potentiel de ce projet, le fit enterrer et réagit en promulguant deux ans plus tard la loi « Informatique et libertés » du 6 janvier 1978, l'une des premières législations nationales portant sur les données personnelles à entrer en vigueur au monde³².

Ce texte a pour but d'éviter ou de contrôler la constitution de fichiers directement ou indirectement nominatifs qui soient dangereux pour les personnes concernées du fait des informations recueillies et conservées, ou qui pourraient le devenir s'ils étaient détournés de leur finalité première. Sont naturellement soit interdits, soit soumis à déclaration préalable, la constitution de fichiers portant sur la vie privée, les opinions politiques, philosophiques ou religieuses, les mœurs ou encore l'état de santé.

La surveillance de la bonne application de ce texte fut confiée à une Autorité administrative indépendante, la CNIL, qui fut la première du genre en Europe³³. Cette autorité s'est vue confier un pouvoir d'avis simple ou conforme³⁴ selon le traitement envisagé. La CNIL n'a cependant jamais utilisé ce pouvoir d'opposition, préférant adjoindre des réserves quant aux traitements de données envisagés.

La réforme de 2004 est venue modifier sensiblement l'équilibre législatif antérieur, en supprimant le pouvoir d'opposition de la CNIL, qu'elle aurait peut être enfin utilisé pour s'opposer à certains traitements qui ont été mis en œuvre par la suite. Ce texte avait l'ambition affichée de « toiletter » la loi pour lui permettre de

³² Le premier État à légiférer sur cette question fut la Suède (1973), après le land de Hesse (Allemagne, 1971).

³³ Ail en existe aujourd'hui une trentaine. Au sein de l'Union européenne, elles collaborent au sein du groupe de travail « article 29 » sur la protection des données, institué par l'article 29 (d'où le nom) de la directive 95/46/CE du Parlement européen et du Conseil du 24 octobre 1995, relative à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel. Cette directive reprinted au niveau communautaire nombre des dispositions prises par les États précurseurs.

³⁴ Un avis est dit conforme si la puissance publique ne peut y déroger.

répondre au défi de l'utilisation massive du réseau et de l'inévitable internationalisation des échanges. Force est pourtant de reconnaître qu'une réponse législative nationale n'a qu'une portée très limitée sur un réseau mondial par définition.

3.2. *Le statut des systèmes informatiques*

Au delà de la question des données personnelles s'est également posée celle de la protection des données en général, ainsi que des systèmes informatiques qui les hébergent. Les conséquences d'actes malveillants tels que l'entrave au fonctionnement de systèmes informatiques ou la falsification de leurs données sont d'une gravité potentielle telle qu'ils devaient assurément relever du droit pénal. Cependant, le législateur se trouvait fort démuni, car en matière de droit pénal prévaut le principe de l'interprétation stricte : le juge ne peut étendre à sa guise la portée d'articles existants pour réprimer des crimes et délits voisins. Dès lors, ni les dispositions contre la violation de domicile, ni celles réprimant les faux en écriture publique ou privée, ne pouvaient être invoquées.

C'est pour remédier à ce vide juridique que fut votée la Loi du 5 janvier 1988, dite « loi Godfrain ». Cette loi créa une notion juridique nouvelle, le « système de traitement automatisé de données », ainsi que plusieurs délits spécifiques : l'accès frauduleux à un tel système, l'atteinte au fonctionnement de ce système, et les atteintes (ajouts, modifications, suppressions) aux données hébergées par ce système. Les tentatives de ces actes tombent également sous le coup de la loi.

Afin que cette loi ne soit pas rendue obsolète par l'évolution de la technique, le législateur se garda bien de fournir une quelconque définition de la notion de « système de traitement automatisé de données ». Tout dispositif capable d'héberger des données est potentiellement protégé, pour peu que les éléments constitutifs de l'infraction soient réunis.

La spécificité de ces délits n'échappa pas au législateur, qui regroupa les articles de la loi « Godfrain » au sein d'un nouveau chapitre III du Code pénal. Ce chapitre, initialement intitulé « De certaines infractions informatiques », fut renommé en « Des atteintes aux systèmes de traitement automatisé de données » dans le nouveau Code pénal de 1992. Le droit de l'informatique s'était dans l'intervalle bien étoffé, et la précision devenait nécessaire.

3.3. *L'interopérabilité et les formats*

Une première caractéristique du marché du logiciel est sa très grande volatilité intrinsèque. Bien que le logiciel soit un produit immatériel, et donc en théorie inusable, la durée de vie commerciale moyenne d'un logiciel ne dépasse pas quelques années.

Les causes en sont multiples, et tiennent tant à l'obsolescence rapide des matériels sous-jacents, supplantés chaque année par des versions améliorées et potentiellement incompatibles, qu'à l'évolution rapide des diverses couches logicielles. Ce phénomène est prééminent dans le monde du jeu vidéo, pour lequel

chaque œuvre logicielle est indépendante des autres et poursuit une carrière commerciale propre.

Une deuxième caractéristique, qui s'oppose à la première, est la très grande prééminence des effets de réseau³⁵. L'une des principales sources d'effet de réseau dans le monde numérique est l'encodage des informations au sein de protocoles d'échange et de formats de fichiers spécifiques à un logiciel donné. Maintenir secrets ces protocoles et formats favorise la création de marchés captifs. L'exemple classique est celui des outils de bureautique : plus on utilise un logiciel donné pour créer des documents que seul ce logiciel sait lire, et plus on incite les personnes avec qui l'on est en relation, ainsi que soi-même, à utiliser ce logiciel afin de pouvoir accéder aux documents déjà créés. On observe également cet effet au niveau des outils de communication³⁶ et des sites centralisés hébergeant des réseaux sociaux.

L'informatisation croissante de la société passe par la possibilité d'échanger, entre logiciels, des données de sources différentes. Il est également nécessaire de pouvoir transférer ses données d'un logiciel à son successeur. Ces conditions sont indispensables à l'existence d'une concurrence libre et non faussée dans le secteur du logiciel, qui faute de cela serait le havre des marchés captifs et des ventes liées.

Les auteurs de logiciels n'ayant pas le temps de réaliser tous les modules de conversion entre formats différents, ou ne souhaitant simplement pas le faire à un coût raisonnable afin de garder captive leur clientèle, le législateur européen a introduit une disposition originale au sein de la directive 91/250/CE déjà mentionnée : le droit de rechercher l'interopérabilité.

Le droit d'auteur adapté interdit à quiconque d'effectuer la rétro-ingénierie par décompilation d'un logiciel existant. Les concurrents d'un logiciel initial peuvent certes observer le fonctionnement externe de ce logiciel (art. L.122-6-1 III° du CPI). En revanche, ils ne peuvent pas reprendre à leur compte l'expertise de codage acquise par les auteurs initiaux, et doivent supporter eux aussi les coûts et les temps de spécification et de codage de leur propre logiciel. Faute de cela, on autoriserait la copie servile par décompilation de la forme de l'œuvre logicielle, action assimilable au plagiat littéraire. L'interdiction de la décompilation maintient tous les concurrents sur un pied d'égalité, en garantissant l'avantage compétitif du premier entrant.

La seule exception à cette interdiction concerne les opérations visant à « obtenir les informations nécessaires à l'interopérabilité d'un logiciel créé de façon indépendante avec d'autres logiciels » (art. L.122-6-1 IV°). Cette disposition, très encadrée afin de ne pas être dévoyée, est une spécificité européenne. Elle permet aux usagers d'un logiciel de pouvoir toujours accéder légalement à leurs données, même en cas de disparition ou du refus de l'éditeur de ce dernier.

³⁵ On appelle ainsi le fait que la valeur d'un bien augmente avec le nombre de personnes qui l'utilisent.

³⁶ Comme par exemple le logiciel Skype™, dont le protocole de communication n'est pas documenté.

La question qui se pose alors est celle de la pertinence économique des formats de données fermés, en regard de l'intérêt général. Dès le moment où la rétro-ingénierie à fin d'interopérabilité d'un format de fichier fermé a été effectuée par l'auteur d'un logiciel libre, les spécifications de ce format deviennent accessibles à tous ; le format devient, en quelque sorte, un format ouvert³⁷. On pourrait à bon droit considérer que la loi devrait explicitement obliger les auteurs de logiciels à offrir à leurs usagers la description du format qui contient les données qui leur appartiennent ou, alternativement, à garantir l'exportation de leurs données sous un tel format documenté.

Le travail du législateur a, en la matière, un goût d'inachevé. Si la notion de standard ouvert a été définie par la Loi du 21 juin 2004, qui dispose en son Article 4 que : « *On entend par standard ouvert tout protocole de communication, d'interconnexion ou d'échange et tout format de données interopérable et dont les spécifications techniques sont publiques et sans restriction d'accès ni de mise en œuvre* », l'interopérabilité ne l'a pas été, laissant la porte ouverte aux divergences d'interprétation. La promotion de l'un et/ou de l'autre par l'action publique n'a pas non plus fait l'objet d'une législation, comme c'est pourtant le cas dans d'autres pays.

3.4. L'émergence des réseaux

Au tournant des années 1980, les moyens d'accès à distance se démocratisèrent. La majorité des particuliers utilisaient des modems pour se connecter aux systèmes distants à travers le réseau téléphonique, avant qu'Internet ne perce auprès du grand public.

L'informatisation croissante de la société s'accompagna d'un double changement de paradigme quant à la place de l'ordinateur dans la société. Le premier est sa transformation d'un outil d'information en un outil de communication. L'ordinateur n'est plus un simple serveur d'informations provenant d'une source autorisée, mais permet aussi l'échange de contenus entre usagers. Cet aspect de la « révolution télématique³⁸ » a été popularisé, en France, par les messageries. Le deuxième changement est l'interconnexion des équipements au sein de réseaux de plus en plus vastes, jusqu'au « réseau des réseaux » que constitue Internet. On n'accède plus à un ordinateur, on accède à un réseau, ce dernier donnant accès à des ressources de moins en moins individualisées. La vision de John Gage, « *the network is the computer* », prend forme avec l'émergence de l'« informatique en nuage ».

L'externalisation des infrastructures matérielles et logicielles a conduit à une profonde modification des licences logicielles. Du fait de l'utilisation des logiciels « en tant que service » (« SaaS », pour « *Software as a Service* »), les droits concédés ne concernent plus que la simple utilisation, tous les autres droits

³⁷ Ceci n'est pas tout à fait exact, en ce qui concerne la question centrale de la gouvernance vis-à-vis de l'évolution des caractéristiques de ce format.

³⁸ France Télécom : un opérateur de réseau devient un acteur de la communication. Jean-Marie Charon, Réseaux n° 37, CNET et TIS, vol 2(1), 1989. Cf. : http://revues.mshparisnord.org/lodel/disparues/docannexe/file/103/tis_vol2_n1_2_29_50.pdf

(correction des bogues, copie de sauvegarde, etc.) devenant caducs du fait que le logiciel proprement dit n'est plus accessible aux usagers.

Ce phénomène a également impacté les licences libres. Le mécanisme d'adhésion aux termes de ces licences, qui était déclenché lors du téléchargement ou bien de la redistribution d'un logiciel, devenait inopérant lorsque le logiciel était simplement utilisé à distance. Au contraire même, il était clairement stipulé que l'usage du logiciel appartenait à la sphère privée. Ceci permit à de nombreux prestataires d'offrir des services basés sur des logiciels libres sans reverser à la communauté les modifications auxquelles les utilisateurs auraient pu avoir accès si le logiciel avait été installé sur leur ordinateur³⁹.

C'est pour prendre en compte ce phénomène que la société Affero diffusa en mars 2002 la première licence libre déclenchée par l'utilisation à distance, l'AGPL v1⁴⁰, élaborée avec l'aide de la Free Software Foundation.

Cependant, ces licences ne règlent absolument pas le statut des données. Avec une licence déclenchée par l'usage, un utilisateur peut effectivement consulter le code source du logiciel qu'il utilise à distance, mais il ne peut aucunement modifier l'exemplaire du prestataire pour l'adapter à ses besoins. On a même pu voir des prestataires « mutiler » des logiciels libres afin d'empêcher les usagers d'exporter les données qu'ils avaient introduites dans le système distant, alors que ces fonctionnalités étaient présentes dans la version d'origine du logiciel⁴¹.

Alors que de plus en plus de contenus accessibles à travers Internet sont auto-produits, la liberté d'accès à ses propres données reste à construire⁴². On peut la considérer tant comme une question d'interopérabilité, du point de vue des traitements, que d'accès aux données dont on est le créateur voire l'auteur si elles sont de nature littéraire et/ou artistique.

3.5. Le droit d'Internet

Internet est unique par définition, puisque c'est le « réseau des réseaux ». L'émergence d'Internet comme réseau de communication universel, qui absorbe maintenant le réseau télévisuel après avoir absorbé le réseau téléphonique, conduit la puissance publique à s'interroger régulièrement sur le statut de ce réseau. La nouveauté effraie, y compris le législateur, ce qui fait que les premières tentatives législatives ont toutes tenté de réduire les libertés sur le réseau, plutôt que de garantir les droits des usagers et prestataires. L'incompréhension du fonctionnement du réseau a également conduit à une confusion dommageable entre les rôles des fournisseurs d'accès, des hébergeurs, des éditeurs, des auteurs et des usagers, qui perdure encore partiellement aujourd'hui.

³⁹ Cet échappatoire aux termes de la licence est appelé « ASP loophole ».

⁴⁰ *Affero General Public License*, version 1. Affero.inc, mars 2002. Cf. : <http://www.affero.org/oagpl.html>.

⁴¹ Ce fut le cas par exemple pour les services offerts par la société Xooit. Cf. : <http://www.xooit.com/>.

⁴² On suivra avec intérêt les développements du procès que Max Schrems, entre autres, a intenté à FacebookTM quant à l'accès à ses données personnelles.

L'origine de cette incompréhension repose sur la volonté inflexible du juge de trouver un responsable aux agissements contraires au droit commis sur les réseaux, quel qu'il soit. C'est ainsi qu'en 1996, alors que des images à caractère pédophile avaient été diffusées sur des serveurs de « *news* », ce furent deux fournisseurs d'accès à Internet (FAI), Worldnet et Francenet, qui furent mis en accusation. En dépit de l'évidente erreur de cible, il fallut plusieurs années avant que les poursuites ne soient abandonnées.

La deuxième victime expiatoire, faute de retrouver la personne à l'origine d'une mise en ligne délictueuse, fut l'hébergeur. C'est ainsi que, dans l'affaire Estelle Haliday c/ Valentin Lacambre, c'est ce dernier, responsable de l'hébergeur Altern, qui fut condamné, tant en première instance qu'en appel. D'autres gérants de forums furent mis en garde à vue dans des affaires similaires. Face à la faiblesse juridique de ces décisions, plusieurs lois furent proposées afin d'encadrer la responsabilité juridique des intermédiaires techniques. Ce fut le cas de la Loi Fillon de 1997, portant obligation aux hébergeurs de surveiller leurs hébergés, ou de la loi Jospin de 2000, aux dispositions similaires. Toutes deux furent, fort heureusement, invalidées par le Conseil constitutionnel. Il fallut du temps au législateur pour rédiger une loi qui passe sans trop de dégâts sous les fourches caudines du Conseil. Tel fut le cas de la Loi du 21 juin 2004, qui définit une responsabilité atténuée des hébergeurs : ces derniers ne sont incriminés que s'ils ne font pas diligence à supprimer un contenu jugé illicite, sur injonction judiciaire. De même, les FAI doivent-ils disposer de moyens de filtrage mobilisables en cas de décision de justice. Ce fut le cas dans l'affaire « Yahoo US », en 2000, dans laquelle il fut enjoint aux principaux FAI français de filtrer le site permettant d'acheter des objets promouvant l'idéologie nazie, sur la base du trouble manifeste à l'ordre public.

Toutes les interventions publiques n'ont cependant pas visé à restreindre les libertés des usagers. Le *Programme d'action du gouvernement pour la société de l'information* (PAGSI) de 1997, adopté en 1998 par le Comité interministériel pour la société de l'information créé pour sa mise en œuvre, affiche des objectifs ambitieux pour l'époque. Il introduit la notion d'accès universel à Internet (tous les Français devaient pouvoir y avoir accès à des conditions tarifaires équivalentes quel que soit leur lieu de résidence), et stimule la création de points d'accès publics pour les personnes ne disposant pas d'un ordinateur chez elles. Il encourage également la mise en ligne des données publiques⁴³.

En matière d'Internet, les questions juridiques sont légions. On peut citer, par exemple, celles de la neutralité des réseaux, du droit à l'oubli, etc. Cependant, on sort ici quelque peu du périmètre historique pour rentrer dans l'actualité brûlante. Une évocation de ces questions peut néanmoins sembler pertinente dans une démarche explicative vis-à-vis du grand public.

⁴³ En rupture avec la pratique en vigueur, qui avait été de concéder un monopole exclusif de mise en ligne sur serveur Minitel payant des textes de loi, marché lucratif concédé à la société OR Télématique (la bien nommée).

4. Droit et muséographie du logiciel

4.1. Droit du logiciel et muséographie

Le rattachement du logiciel au droit d'auteur, s'il l'a fait entrer dans un périmètre juridique bien connu des conservateurs, a eu pour conséquence funeste une extension considérable de la durée des droits qui le couvrent : d'une durée fixe de 25 ans, on est passé à 70 ans après l'année de la première parution pour les œuvres collectives, et à 70 ans après le décès du dernier auteur survivant pour les œuvres de collaboration (art. L.123-2 et -3 du CPI).

Ces durées sont sans commune mesure avec la rapidité de l'évolution dans ce secteur. Celle-ci rend très vite obsolètes les logiciels, ce qui les fait rapidement entrer dans l'histoire. Elle induit également un renouvellement perpétuel du tissu industriel, les entreprises titulaires des droits sur ces logiciels pouvant disparaître ou se restructurer en l'espace de quelques années.

La presque totalité des œuvres logicielles susceptibles de faire l'objet d'une conservation à titre historique appartient donc à la catégorie des œuvres dites « indisponibles ». Ce mot-valise englobe les œuvres « indisponibles », c'est-à-dire qui ne sont plus diffusées par un éditeur encore existant, et « orphelines », c'est-à-dire dont le titulaire des droits n'est plus connu, comme par exemple dans les cas où l'entreprise cessionnaire des droits a disparu ou lorsque l'auteur est décédé sans ayant-droit connu.

La Cour de justice de l'Union européenne a récemment apporté une clarification bienvenue sur la transmission des licences logicielles, en son arrêt du 3 juillet dernier⁴⁴. Ce dernier stipule qu'un éditeur de logiciel ne peut s'opposer à la revente (ni donc à la cession) de licences « d'occasion » de son logiciel, que celles-ci soient attachées à un support physique ou bien aient été acquises au travers d'Internet.

La personne ayant obtenu un logiciel de seconde main est donc pleinement en droit d'effectuer toutes les actions que le CPI autorise, incluant la réalisation d'une copie de sauvegarde à partir d'un support dégradé (tels que les anciens supports magnétiques). Le plein exercice de ce droit nécessite cependant de pouvoir prouver que le logiciel a bien été acquis de façon licite, c'est-à-dire que l'on puisse reconstituer la chaîne des cessions qui l'auront amené entre les mains du conservateur, ce qui peut constituer en pratique un obstacle souvent insurmontable.

En revanche, cette décision ne s'applique pas aux logiciels dont la licence est limitée dans le temps (location), et pour laquelle il sera nécessaire d'obtenir une nouvelle autorisation du titulaire des droits⁴⁵. Les conservateurs du patrimoine logiciel seront confrontés de façon croissante à ce problème, ce mode de diffusion étant de plus en plus utilisé par les éditeurs. Le maintien d'un serveur de licences

⁴⁴ Arrêt C-128/11, UsedSoft GmbH / Oracle International Corp. Cf. : <http://curia.europa.eu/jcms/upload/docs/application/pdf/2012-07/cp120094fr.pdf>.

⁴⁵ Ceci étant évidemment problématique pour les œuvres orphelines.

fonctionnel sera qui plus est nécessaire à la mise en œuvre des logiciels qui y ont recours.

Un amendement à la loi « Création et Internet » (dite « Hadopi ») de 2009 a précisé les conditions dans lesquelles les musées et bibliothèques peuvent effectuer leurs actions de conservation et de présentation des œuvres au public⁴⁶. Cet amendement, qui autorise « la représentation [...] sur des terminaux dédiés », peut être interprété comme autorisant la présentation en fonctionnement de logiciels sur des ordinateurs spécialement disposés à cette fin.

4.2. Muséographie du droit du logiciel

Les évolutions juridiques sont le reflet des évolutions sociétales induites par la « révolution numérique ». Il s'agit pour le législateur d'accompagner l'évolution des pratiques en offrant un cadre régulateur apte à favoriser les pratiques considérées comme vertueuses et à décourager les pratiques considérées comme nuisibles.

La présentation du cheminement du droit du numérique doit donc selon nous accompagner la présentation des solutions techniques (tant matérielles que logicielles) et des usages, afin de refléter le plus complètement possible l'esprit de chacune des époques traversées.

La nécessité de l'évolution du droit apparaîtra clairement par la mise en évidence du changement de paradigme économique induit par la numérisation de l'information. La possibilité d'abstraire l'information de tout support⁴⁷ induit des conditions de production et d'échange des savoirs radicalement nouvelles. La copie s'effectuant à coût nul (l'action de copie ne modifie que marginalement la consommation en ressources du matériel sous-jacent), les accès aux réseaux étant eux aussi forfaitisés, plus aucune barrière ne vient empêcher la micro-crédation de valeur ajoutée, rendant possible le travail collaboratif à grande échelle. L'abondance d'informations qui en résulte, et la possibilité pour quiconque d'en être producteur, ne peuvent qu'entrer en conflit avec la vision ancienne des droits d'auteur, pensée pour un monde où la rareté était la norme.

La présentation de l'avancée du droit et des usages pourra se faire tant par des frises et panneaux synthétiques que par l'installation d'encarts dédiés accompagnant les diverses pièces (matérielles et logicielles).

La documentation contractuelle afférente aux matériels et logiciels est encore moins accessible que ces derniers, car souvent gérée par des services différents. Son

⁴⁶ Cet amendement autorise : « [...] la reproduction et la représentation d'une œuvre faisant partie de leur collection effectuée à des fins de conservation ou destinée à préserver les conditions de sa consultation sur place à des fins de recherche ou d'études privées dans les locaux de l'établissement et sur des terminaux dédiés par des bibliothèques accessibles au public, par des musées ou par des services d'archives, sous réserve que ceux-ci ne recherchent aucun avantage économique ou commercial ». Cf. : <http://scinfolex.wordpress.com/2009/05/17/une-nouvelle-formulation-pour-lexception-bibliothèques-dans-la-loi-hadopi/>.

⁴⁷ Bien que nombre de pièces de musée soient en fait des dispositifs matériels.

cycle de vie n'est pas non plus le même : elle est en général conservée pour archive alors que le matériel est déclassé et récupéré par des tiers, puis détruite à la fin de la durée légale de conservation. Des actions de collecte spécifique devront être entreprises si nécessaire.

Conclusion

La muséographie de l'informatique est confrontée à un double défi en ce qui concerne le droit du numérique. Le premier est la présentation de ce secteur, nécessaire à la compréhension du statut unique du logiciel dans l'histoire humaine et de l'impact de la révolution numérique sur l'ensemble de la société. Le deuxième découle des contraintes que ce droit fait lui-même peser sur la préservation et la présentation des œuvres, et en particulier des œuvres logicielles. Autant la possession d'un exemplaire de machine ou d'ouvrage vaut droit d'usage et de présentation⁴⁸, autant l'acquisition du support d'un exemplaire de logiciel ne garantit par elle-même aucun droit sur ce dernier. Un travail de « restauration juridique » doit donc être entrepris afin de garantir que chaque pièce puisse être présentée au public sans risque pour l'exposant.

Biographie

François Pellegrini est professeur d'informatique à l'Université Bordeaux 1 et chercheur au LaBRI et à l'Inria. Ses recherches concernent le calcul parallèle haute performance et le droit des technologies numériques. Il enseigne ces deux disciplines, ainsi que la programmation et l'architecture des ordinateurs. Il est le co-fondateur des Rencontres mondiales du logiciel libre.

Sébastien Canevet, docteur en droit et titulaire du certificat d'aptitude à la profession d'avocat, est maître de conférences en droit privé à l'Université de Poitiers, où il enseigne le droit civil et le droit des affaires. Il a été chercheur au CERSA (Paris II). Membre fondateur du Forum des Droits sur l'Internet, il a également animé pendant dix ans la commission juridique du chapitre français de l'Internet Society.

⁴⁸ Mais non de « représentation » au sens où l'entend le droit d'auteur dans le cas d'une œuvre telle qu'une pièce de théâtre. Ces restrictions interdisent également la diffusion publique d'un vidéogramme.

Quelle place pour le logiciel dans un musée de l'informatique ?

François Letellier

ACONIT

Grenoble, France

fl@flet.fr

RÉSUMÉ. Les éléments patrimoniaux d'un musée de l'informatique doivent inclure matériel et logiciel. Le matériel conservé nécessite des programmes qui lui correspondent. Les logiciels constituent en eux-mêmes une part importante du patrimoine, mais requièrent des machines adéquates. L'exécution de logiciel sur des matériels d'origine pose problème car elle dégrade ceux-ci. La technologie logicielle apporte une solution en permettant l'émulation / simulation des machines rares ou fragiles. Émulateurs et simulateurs répondent au besoin d'étude et d'exposition du logiciel. Nous proposons de considérer que l'inclusion d'émulateurs de qualité dans le corpus logiciel d'un musée de l'informatique constitue une démarche positive de conservation du matériel correspondant. Dès lors, la muséographie peut être repensée, sur la base d'une complémentarité entre l'objet matériel, porteur d'une force d'évocation irremplaçable, et son alter ego virtuel (émulateur / simulateur) qui ouvre sur le champ du logiciel. Cette approche conduit à démultiplier hors les murs les possibilités d'étude et d'exposition du patrimoine conservé.

ABSTRACT. Heritage assets in a museum of computing should include hardware and software. Preserved hardware require proper software to operate. Per se, software is a major fraction of our heritage, which also requires hardware to be brought back to life. Running software on historical machines is not a viable option, as it becomes destructive in the long run. The software emulation / simulation of machines provides an alternative full of promises, with some limitations. We advocate that museums should consider sourcing of high quality emulators of endangered computers as critical in the preservation of software and hardware heritage. As a consequence, museography in a museum of computing is to be reshaped around, and by, software technologies. Tangible and intangible artifacts play complementary roles, the ones as remains of the past, with all the emotional charge they may carry, the others as enablers of new virtual flavors of the museum-beyond-the-walls.

MOTS-CLÉS : patrimoine logiciel ; émulation ; musée de l'informatique ; musée virtuel

KEYWORDS: software heritage ; emulation ; museum of computing ; virtual museum

1. Introduction

Lorsque se pose la question d'un « musée de l'informatique », le lien naturel musée-objet (objet matériel s'entend) s'invite volontiers comme un implicite de la réflexion. Immédiatement, dans les sphères profanes comme chez les spécialistes, l'image qui vient en tête est celle d'un lieu où s'exposerait une collection d'ordinateurs – ou plus exactement d'*ordiosaures*, pour reprendre ce mot-valise qui illustre bien la propension à considérer les machines d'hier comme des dinosaures.

Ce parallèle n'est pas anodin : l'ordinateur historique prend volontiers les caractéristiques du fossile, c'est-à-dire d'un patrimoine tangible, qui peut bénéficier de toute l'attention requise pour sa conservation, mais dont la part immatérielle est minimisée au profit des efforts muséographiques de mise en valeur. Quelle est la part immatérielle d'une vieille « babasse » ?, peut-on se demander. Lorsqu'il s'agit d'un iMac, l'aspect *design* saute aux yeux au point de mériter une place de choix dans un musée du... design. Mais quid d'un Bull Gamma 3 ? Quelques armoires, d'un gris triste comme un ciel d'hiver, aux tripes bourrées de tubes rébarbatifs exhalant une odeur de graisse électronique...

2. Périmètre d'un musée « de l'informatique »

Si l'étymologie de « musée » renvoie à l'antiquité grecque avec le *Mouseion* d'Alexandrie consacré aux Muses, le Conseil International des Musées (ICOM), instance internationale de référence, en donne une définition actuelle :

Un musée est une institution permanente sans but lucratif au service de la société et de son développement ouverte au public, qui acquiert, conserve, étudie, expose et transmet le patrimoine matériel et immatériel de l'humanité et de son environnement à des fins d'études, d'éducation et de délectation.

Le patrimoine conservé / étudié / exposé / transmis comporte des éléments matériels et immatériels fréquemment liés : c'est le cas pour les domaines culturels et artistiques qui mêlent forme et fond, habileté concrète et génie créatif. Une *Joconde* s'admire, s'étudie et se conserve tant pour la qualité technique de l'objet que pour les qualités picturales de la représentation.

Dans les domaines scientifiques et techniques, cette intrication matériel / immatériel devient moins systématique. L'exposition d'un squelette d'iguanodon reconstitué comporte certes une part d'interprétation⁴⁹, mais le caractère essentiellement matériel des objets exposés ne fait aucun doute. Dans une telle situation, le patrimoine appartient au domaine du tangible, et c'est l'aspect muséographique qui comporte une part immatérielle.

⁴⁹ Une collection de squelettes fossiles d'iguanodons est exposée au museum des sciences naturelles de Bruxelles. Leur agencement reprend les hypothèses scientifiques de l'époque de la découverte (station bipède) bien que des recherches récentes les remettent en cause. La présentation retenue comporte bien une part d'interprétation, voire d'inspiration artistique.

Dans le cas particulier de l'informatique cette approche ne peut suffire. La grande force de la discipline informatique, sa polyvalence et la valeur qu'elle apporte⁵⁰ réside pour une grande part dans le logiciel. Dans ce domaine, le foisonnement est immense. Un pan entier de ce secteur se structure autour d'un bipôle constitué de matériel banalisé et de logiciel fortement innovant. Cette situation n'est pas une règle absolue : l'électronique embarquée regorge d'exemples où matériel et logiciel sont intriqués dans un seul artefact.

3. Caractère substantiel du patrimoine informatique

Il serait hâtif de sortir le logiciel du domaine muséal au prétexte qu'il ne constituerait pas un patrimoine substantiel. L'année 2012 a marqué le centenaire de la naissance d'Alan Turing, à qui l'Humanité doit la notion d'une machine éponyme qui conceptualise l'ensemble des fonctions dites calculables et sert de base théorique au fonctionnement de tous les ordinateurs à ce jour. Les prémisses des concepts de programmation peuvent être tracés dans les métiers Jacquard (début XIX^e), la machine analytique de Babbage (1842) ou les travaux de Lady Lovelace.

La dimension historique ne fait plus de doute. Pour ce qui est du caractère substantiel du corpus logiciel de par le Monde, il suffit pour s'en convaincre de citer quelques chiffres. Il existe plus de 500.000 projets dans le seul domaine du logiciel libre⁵¹. Une automobile contemporaine embarque un arsenal logiciel correspondant à plusieurs dizaines de millions de lignes de code source. Les grands projets logiciels sont, de loin, les produits de l'ingénierie les plus complexes de tous les temps.

Le « phénomène logiciel » recouvre des facettes diverses. Phénomène humain, qui lie les personnalités singulières (Turing, Hopper, Gates, Stallman, Kuntzmann, Pajitnov, Berners-Lee, Hullot...) à des concepts ou des artefacts logiciels. Phénomène sociétal, qui modèle des pans entiers de la vie moderne (financiarisation, identité, dématérialisation, métiers de la connaissance, cyberspace...) au point de faire pressentir un changement d'ère. Phénomène culturel, qui prend le logiciel pour sujet et pour outil (éthique « hacker », gaming, arts numériques, ...) Phénomène technologique évidemment, qui occupe à titre professionnel ou de loisirs des millions de personnes dans un secteur parmi les plus florissants.

Sur le seul volet technologique, une étude diachronique constitue un complément précieux à l'étude des technologies actuelles. Les solutions trouvées hier perdurent aujourd'hui, et il est plus didactique d'en comprendre la motivation et le fonctionnement dans leur contexte de départ. Citons le seul exemple du formidable succès d'Internet (TCP/IP) : architecture décentralisée, robustesse des protocoles, simplicité des implémentations, choix de licences permissives se sont justifiés dans le contexte technologique des années 70 et ont découlé sur la pérennité que l'on sait.

⁵⁰ Certains cabinets estiment par exemple qu'elle apporte 30% de la valeur ajoutée d'un avion : estimation du cabinet Pierre Audoin Consultants, cité dans AFDEL (2010).

⁵¹Le seul outil FLOSSMole recense plus de 500.000 projets libres/open-source mi 2012.

4. Limites d'une approche bibliothécaire de la conservation du logiciel

Les éléments ci-dessus suffisent à démontrer que le logiciel constitue d'ores et déjà un patrimoine tout à fait substantiel et porteur d'une dimension historique. Pourtant, le sujet de sa conservation ne fait guère l'objet d'une attention suffisante.

4.1. Le logiciel en bibliothèques

Une première réponse technique à ce constat consiste à replacer le logiciel dans le domaine des œuvres de l'esprit vouées à une conservation en bibliothèque. Le terme de logithèque est fréquemment utilisé, celui d'informatèque a été proposé (Sénat, 1998)... En France, le Code du Patrimoine prend soin de définir la notion de musée⁵², mais (livre III) prend pour implicite celle de bibliothèque. Les dispositions de ce Code prévoient que les logiciels sont soumis à l'obligation de dépôt légal et

déposés à la Bibliothèque nationale de France dès lors qu'ils sont mis à la disposition du public, à titre onéreux ou gratuit, par diffusion en nombre d'un support matériel de quelque nature que ce soit.

Le mécanisme du dépôt légal reste limité : aux logiciels mis à la disposition du public sur un « support matériel », ce qui devient l'exception plus que la règle à l'heure du *cloud computing*, du téléchargement sur le web ou sur tous types « d'App Stores » ; et surtout, à la « consultation sur place » des œuvres, par des « chercheurs dûment accrédités ». La diffusion auprès du grand public n'est pas le but poursuivi. La louable intention de permettre la consultation risque de devenir vœux pieux dans la mesure où, sur place, ne seront pas disponibles les ordinateurs nécessaires à l'exécution des logiciels déposés.

4.2. Conservation du support matériel

L'approche par le seul support matériel devient d'autant plus problématique que l'on constate combien la vitesse d'altération de ces supports est élevée, incompatible avec les durées de conservation que peuvent viser bibliothèques ou musées :

Aujourd'hui, les supports numériques les plus fiables disponibles sur le marché ont une durée garantie de 50 ans. C'est d'ailleurs la durée de vie exigée d'après le cahier des charges de la Bibliothèque nationale de France pour la conception de disques numériques en verre. Cette durée de vie est dérisoire par rapport à celle d'un bon papier (Archives, 2001).

Dans le cas de systèmes embarqués, de *firmware*, de systèmes d'exploitation pré-installés, le logiciel réside dans des mémoires électroniques non volatiles dont la durée de rétention se limite à quelques décennies. Cette durée est brève, et ses conséquences se font déjà sentir : un ordinateur personnel du début des années 80

⁵² Selon le Code du Patrimoine, «Est considérée comme musée, au sens du présent livre, toute collection permanente composée de biens dont la conservation et la présentation revêtent un intérêt public et organisée en vue de la connaissance, de l'éducation et du plaisir du public.»

risque de ne plus pouvoir *booter* par altération de son logiciel embarqué en (E)EPROM. Ce dernier cas illustre qu'il est difficile de séparer matériel et logiciel lorsqu'il s'agit de conserver le patrimoine informatique :

si la conservation du logiciel n'est possible que parallèlement à la conservation du matériel, inversement la conservation du matériel ne signifie rien si on ne conserve pas les logiciels (Denoyelle, 2005).

4.3. Obstacles législatifs

Il est donc inapproprié de conserver les machines dans des musées et de recueillir des logiciels dans des « biblio / logi / informa-thèques » s'il n'existe pas de passerelles satisfaisantes entre les deux. L'état actuel du droit de propriété ne facilite pas la mise en place de telles passerelles. Le régime de la propriété de l'objet matériel remonte à l'*usus, abusus, fructus* du droit romain. Son essence est que (pour les objets mobiliers) possession vaut titre, ce qui sied bien au contexte muséal. A contrario, la propriété intellectuelle trouve ses racines dans le droit d'auteur, à savoir « un droit de la personnalité [du créateur] qui s'exprime à travers la chose créée » (Parisot, 2004). Hors du cadre bien établi des bibliothèques et du dépôt légal

la prudence juridique sera alors de mise. Faute de pouvoir identifier ou localiser un auteur pour lui demander son autorisation, l'abstention sera la solution la plus couramment adoptée. [...] L'institution muséale aura une tendance bien légitime à faire figurer sur un produit multimédia les œuvres dont le musée détient les droits, à l'exclusion des œuvres dont il ne connaît pas les auteurs, dont il ne peut localiser les auteurs, [...] (Parisot, 2004)

Au delà des complexités de la lettre du droit, la question sous-jacente est bien celle de son esprit – qui place le logiciel dans la catégorie des « œuvres de l'esprit ». La pertinence de ce choix fait toujours débat (Bullich, 2010) ; sans approfondir ce point, qui n'est pas central dans notre propos, mentionnons deux exemples antagonistes. L'approche *literate programming* proposée par D. Knuth vers 1981 conçoit le logiciel comme un texte rédigé et adressé à l'humain et (par effet de bord) compréhensible par la machine. A contrario, les principes de la métaprogrammation comme « art de programmer des programmes qui lisent, manipulent ou produisent d'autres programmes » (Rideau et Dang-Vu, 1999) posent directement la question de la personne de l'auteur de tels programmes produits par... d'autres programmes.

5. Le patrimoine logiciel dans un musée de l'informatique

5.1. Inclusion du logiciel dans la sphère muséale

Nous avons montré que le logiciel constitue un patrimoine substantiel. Les éléments ci-dessus conduisent au constat que sa seule conservation dans la sphère documentaire des bibliothèques ne suffit pas à prendre en compte ses dimensions d'objet : (1) technique issu d'une ingénierie dont la réalité peut diverger de la vision

romantique⁵³ d'une création d'auteur ; (2) impossible à exécuter (ou « jouer ») dans le monde réel sans matériel adapté⁵⁴ ; (3) inversement, nécessaire au fonctionnement du matériel, ce qui lie les problématiques de conservation de l'un et de l'autre.

Le logiciel a donc vocation à trouver sa place dans un musée de l'informatique, comme véritable patrimoine immatériel à considérer dans un lien permanent avec l'objet matériel.

5.2. Caractéristiques du logiciel dans une perspective de conservation

Le logiciel est immatériel, non rival, fongible, inaltérable. Son côté intangible n'exclue cependant pas la nécessité d'un support pour son stockage et sa conservation. Il peut être techniquement dupliqué à un coût dérisoire ; les différentes instances obtenues après duplication sont parfaitement identiques.

Tendance technologique lourde, le logiciel devient omniprésent et évolutif. Il se cache là où l'on ne le cherche pas : par exemple dans des circuits programmables. Son ingénierie procède par innovation cumulative (si bien qu'il peut exister littéralement des milliers de versions successives d'un même logiciel, toutes disponibles), et même une fois installé, sa configuration évolue.

Plus problématique dans une perspective de conservation, les logiciels actuels tendent à être délocalisés (ou distribués), parfois hébergés dans le *cloud*, et n'existent que dans l'interaction. Prenons le cas d'un ordinateur de bureau actuel : que signifiera la conservation du logiciel si son système d'exploitation existe en de multiples versions, est sujet aux virus (donc susceptible de se corrompre), que l'anti-virus met sa base de données à jour par Internet, que sont installés des logiciels dont seule la partie client lourd (IHM) réside sur le disque dur, les traitements étant réalisés par un service accessible sur le cloud ?

La communauté du jeu vidéo observe que pour la seule sous-catégorie du *retro-gaming*, il devient impossible de conserver de manière crédible les systèmes hautement complexes que sont les MMORPG, jeux de rôles en ligne massivement multi-joueurs (Anderson et al., 2010). Ce constat n'exclue pourtant pas une démarche muséale : pas plus qu'un musée de la Marine ne viserait à maintenir opérationnelle l'intégralité d'une flotte nationale, un musée de l'informatique ne cherchera pas l'exhaustivité dans la conservation de systèmes tentaculaires. Une politique de conservation devra donc opérer un certain nombre de choix, privilégiant des ensembles complets, fonctionnels et représentatifs d'une classe de technologies.

5.3. Conservation long terme d'artefacts immatériels

A défaut de substrat inaltérable, et en présence de supports déjà dégradés ou menacés (ce qui est le lot commun), les opérations techniques de stockage long terme passent par trois phases (Culture, 2008). La première vise à copier

⁵³ Au sens de la prééminence de la personnalité et de l'inspiration de l'auteur sur l'œuvre.

⁵⁴ La participation de la B.n.F. au projet KEEP (EC FP7/ICT3.4.3) vient appuyer ce constat.

l'information du substrat de départ, menacé, vers un support intermédiaire, typiquement un stockage de masse actuel. La seconde série d'étapes consistera à sauvegarder, régulièrement, l'information d'un support vers un autre plus récent, afin de contrer leur inexorable vieillissement. Il s'agira en troisième lieu de restituer l'information sur un substrat exploitable par une configuration matérielle cible.

La seule conservation d'une suite de bits ne suffit pas à préserver la capacité future à accéder au logiciel. L'information brute doit être accompagnée des méta-informations indispensables (Hodsworth et Wheatley, 2001) : identification et description de l'objet, procédure d'installation sur une machine cible, manuel d'utilisation, etc. L'enjeu de la conservation longue durée se déplace alors : ces méta-informations doivent, elles-mêmes, être encodées selon des formats que l'on saura, demain, lire, interpréter, exploiter – et être conservées à long terme.

5.4. *Étude et exposition du logiciel*

L'histoire du logiciel reste dans une large mesure à écrire... et ne fait que commencer. La littérature comporte un corpus significatif sur l'histoire de l'informatique en général⁵⁵, qui fait la part belle à l'histoire des machines. Les études plus particulièrement axées sur le logiciel traitent fréquemment du génie logiciel, notamment des langages, parfois des systèmes d'exploitation (Aspray, 2003). Certaines traitent de « l'industrie » du logiciel à travers les âges. Un autre contingent se concentre sur l'histoire du logiciel libre / open-source, avec une certaine tendance à glisser de l'histoire à la légende. Au delà de l'aspect historique, l'étude du logiciel comme phénomène, d'un point de vue diachronique ou synchronique, ouvre un champ d'investigation nouveau. Dans ce domaine, les attentes envers un musée de l'informatique viendront naturellement.

L'accès plein et entier au logiciel, à des fins d'étude ou d'exposition, nécessite quatre éléments : code exécutable, code source, documentation et... matériel.

5.4.1. *Code exécutable*

Le code exécutable constitue la version la plus directement utilisable du logiciel. Il est nécessaire pour qu'un utilisateur (dans certains cas, un autre programme) accède aux fonctionnalités du logiciel. Dans un contexte d'étude ou de présentation, l'exécutable donne accès à l'expérience utilisateur, aux choix de design, de façon indirecte à l'*habitus* des publics ciblés. A contrario, il fournit peu d'informations sur le fonctionnement interne des programmes.

5.4.2. *Code source*

Le code source présente un intérêt particulier du point de vue historique et scientifique, car il témoigne de l'état de l'art. En principe, il devrait suffire à reconstituer l'exécutable ; dans la pratique il est beaucoup plus efficient de disposer à la fois des exécutables et des sources.

⁵⁵ Voir par exemple IFIP WG 9.7 "Computing History Events".

Les codes sources des programmes propriétaires sont malheureusement le plus souvent inaccessibles, voire définitivement perdus pour les œuvres orphelines. Il existe des exceptions : ainsi Jordan Mechner, créateur du jeu légendaire Prince of Persia, a-t-il en 2012 retrouvé totalement par hasard le code source original pour Apple II sur des disquettes 3"5 de 1989, puis l'a publié avec ce commentaire :

Nous avons extrait et publié le code [source] 6502 parce qu'il constitue un fragment de l'histoire de l'informatique qui peut présenter de l'intérêt pour d'autres [personnes], et parce que si nous ne l'avions pas fait, il aurait pu être définitivement perdu.

Reste qu'historiquement, la possibilité d'accéder aux sources de logiciels majeurs constituait une règle qui a perduré à travers le logiciel libre / open source :

C'est seulement à partir du moment où les concepteurs de logiciels eurent la possibilité de convertir les instructions lisibles par l'homme en instructions machine par le biais du compilateur, que ces derniers eurent la possibilité de cacher la source de leur travail [...] En fait, ce qui fut inventé ce n'est pas le logiciel libre, c'est plutôt le logiciel fermé puisqu'au commencement de l'informatique les logiciels étaient libres. (Benkeltoum, 2009)

5.4.3. Documentation

La documentation associée au logiciel constitue un élément précieux pour l'étude de l'usage de l'artefact technologique. Sa partie technique (documentation de conception) peut être considérée comme un élément du code source. La partie utilisateur aide à tirer parti du code exécutable : c'est une chose d'accéder à la première version de VisiCalc ; encore faut-il savoir, par exemple, que le chargement d'un fichier depuis une disquette s'obtient par la combinaison de touches « /SL »...

5.4.4. Matériel

Volontiers oublié, un ordinateur adéquat est indispensable car nécessaire à « jouer » le logiciel dans le monde réel. Contrairement aux œuvres d'art, matérielles, le logiciel n'est pas directement accessible à l'humain qui s'y intéresse. Une partition peut être lue sans la médiation d'un instrument par un musicien expérimenté, mais la suite de centaines de millions de bits qui code un programme demeurera hermétique à l'informaticien le plus expert.

Cet élément indispensable étant matériel, il constitue le chaînon limitant à une présentation muséale du logiciel. Les machines d'intérêt historique souffrent des défauts de tous les témoins du passé : rareté, fragilité, impératif de conservation qui conduit à les épargner au maximum. Plusieurs projets ont démontré la possibilité de restaurer des ordinateurs anciens : l'association ACONIT a travaillé à la remise en état d'un PDP 9 ; un Pegasus a pu ces dernières années être reconstruit et présenté, en fonctionnement, au Science Museum. Leur intérêt premier réside dans l'illustration du fonctionnement des machines ; a contrario, étudier / exposer des logiciels en les faisant tourner sur des machines historiques soumettrait ces dernières à une usure difficile à accepter (Rothenberg, 1999).

5.5. Le logiciel au secours du matériel : émulation / simulation

La science informatique elle-même fournit une piste intéressante pour dépasser ce constat. Les ordinateurs digitaux sont peu ou prou tous Turing-équivalents : par conséquent le fonctionnement de l'un peut être reproduit grâce à un autre. Les unités d'entrées-sorties et les périphériques peuvent de leur côté être représentés, ou modélisés, avec des technologies elles-mêmes numériques. Dans une certaine mesure, les équipements analogiques peuvent aussi être simulés et certains équipements de moindre rareté peuvent être adaptés pour en déporter les interfaces de commande à travers un réseau. Ainsi lorsqu'une toute première version du compilateur C fut retrouvée sur d'anciennes bandes, puis re-compilé⁵⁶, c'est sur un émulateur / simulateur de PDP 11 sous Unix qu'il fut lancé...

Dans la pratique, le principal obstacle à l'émulation / simulation d'un ordinateur par un autre provient des différences de vitesse d'exécution des traitements. Heureusement, la puissance de calcul des machines récentes augmente sans cesse (loi dite « de Moore »). En conséquence, les machines récentes disposent largement des capacités nécessaires à émuler ou simuler le fonctionnement d'ordinateurs plus anciens (Anderson, 2010). Par des technologies d'émulation, le logiciel peut donc remédier à la rareté et à la fragilité du matériel (Rothenberg, 1999) et donner accès au contenu muséal au plus grand nombre – entre les murs du musée, sur un poste de travail personnel ou via un réseau. Cependant, convenons avec Hodsworth et Wheatley (2001) qu'il convient

de ne pas sur-vendre l'émulation comme la réponse à tous les problèmes de conservation numérique. Elle n'est qu'un élément de l'artillerie nécessaire à défendre notre héritage numérique contre les ravages du temps dans un monde où l'innovation (et donc le changement) est hautement valorisée.

6. Vers une démarche muséale repensée par le logiciel

Dans un musée de l'informatique les technologies du numérique, sous leur volet immatériel, ne se conçoivent plus comme un choix muséographique d'exposition – mais en premier lieu comme un patrimoine dont les particularités viennent rejaillir sur les options techniques de conservation, d'étude et d'exposition. Ce constat incite à repositionner le logiciel au centre d'une démarche muséale et à considérer la possibilité de dématérialiser celle-ci dans une large mesure.

6.1. Acquisition / numérisation de contenus

Le fonds immatériel conservé par le musée comportera un corpus logiciel. De manière plus classique, celui-ci comportera documents multimédia, textes, éléments de sites web, qu'il s'agisse de documents primaires, secondaires ou tertiaires. Ici, ils peuvent être complétés de contenus semi-actifs ou actifs (Talon et Walker, 2008).

⁵⁶ Par Warren Toomey, Bond University.

Le discours autour des aspects juridiques de la conservation du logiciel souffre d'une certaine confusion. Une erreur fréquente consiste à considérer que l'existence d'une législation sur la propriété intellectuelle implique que cette législation interdise systématiquement toute exploitation (à commencer par la reproduction) de tous logiciels en tous lieux et dans toutes circonstances. Une seconde erreur réside dans une conception rétroactive et géographiquement unifiée du droit.

Pourtant, l'exploitation d'un logiciel, dans le cadre de sa conservation, mais aussi plus largement de sa présentation muséale, est tout à fait envisageable. Citons de manière non exhaustive : les logiciels créés en des lieux ou à une date où le droit applicable ne prévoit pas de protection ; les logiciels dont l'exploitation est expressément permise en vertu de disposition légales (la vaste catégorie des logiciels libres / open-source fournit une mine de ressources de tout premier intérêt dans le cadre muséal, non seulement par la sécurité juridique garantie, mais aussi par l'intérêt que présente l'accès au code source dans une perspective d'étude du logiciel) ; les logiciels propriétaires distribués sur un support physique, sans contrat de licence séparé (en matière mobilière possession valant titre, le propriétaire du support est fondé à revendiquer ce droit d'utilisation) ; les logiciels qui font l'objet d'une concession expresse de droits au bénéfice de l'institution muséale.

Si l'on s'en tient à la seule conservation, notons enfin que les textes de loi prévoient généralement des dispositions permettant la copie privée, de sauvegarde, voire les copies techniques nécessaires au traitement des œuvres. Il est donc possible d'envisager la conservation du logiciel dans une perspective muséale sous réserve de prêter l'attention nécessaire aux aspects juridiques des différents cas particuliers et de procéder dès maintenant à la sauvegarde de logiciels disponibles, ne serait-ce qu'à titre *conservatoire* et sans viser une exposition immédiate.

6.2. Gestion patrimoniale

Une logique de gestion bibliothécaire demeure pertinente, par exemple au niveau de la classification et des droits afférents, mais aussi des formats de données. Le choix de standards ouverts s'impose puisqu'il est le seul à garantir une pérennité des données – qui reste l'enjeu premier d'une démarche de conservation. La question de la conservation à long terme des données numériques se pose donc.

Mentionnons le besoin d'outils indispensables à la gestion d'un musée « physique ». Nous ne les détaillons pas car ils ne comportent guère de spécificités dues à la thématique traitée par le musée.

6.3. Sphère de diffusion

L'approche muséale dématérialisée permet de découpler les canaux de diffusion, de particulariser et de personnaliser le contenu, selon l'auditoire, selon le contexte, selon les objectifs. Il devient possible de « pousser » des éléments vers des sites tiers, de proposer des applications spécialisées, sur des terminaux variés, dont

l'usage s'adapte à toutes les générations. Les particularités de l'émulation ouvrent de plus des perspectives didactiques particulières.

Il ne s'agit plus d'utiliser les technologies numériques pour exposer « virtuellement » d'anciennes machines, comme l'on peut proposer la visite virtuelle d'un temple disparu. L'objectif est double : épargner les objets rares (voire disparus), fragiles et probablement cantonnés en un lieu éloigné du visiteur, en leur adjoignant un double virtuel, ne souffrant d'aucune rareté, inusable, transmissible dans le monde entier et, de surcroît, fonctionnel. En second lieu, donner accès au patrimoine logiciel en permettant son exécution, par le plus grand nombre, aux fins d'étude ou d'exposition.

La complémentarité matériel / virtuel reste essentielle. Le lieu physique de conservation des objets patrimoniaux et d'exposition d'une partie de la collection demeure un outil d'animation territoriale. La possibilité d'accès à l'objet tangible joue un rôle émotionnel important : avoir accès à un IBM 1130, un PDP 9, un Gamma 3, un Apple Lisa, ... est irremplaçable. Il en va de même pour le logiciel : voire tourner VisiCalc, Tetris ou Eliza, pouvoir les utiliser, colporte la même émotion. Le succès des événements de *retro-gaming* démontre la réalité de l'attrait des logiciels historiques. Des solutions d'émulation in-situ permettront de rassembler dans les murs d'un musée de l'informatique à la fois l'objet original, et la capacité fonctionnelle à exposer le logiciel en action.

7. Conclusion.

Une approche par le logiciel conduit à repositionner radicalement l'approche muséale dans le cas très spécifique d'un musée de l'informatique. Si l'accès à l'objet tangible demeure une condition indispensable à la complétude de la démarche, le recours aux technologies de virtualisation permet de considérer un schéma de diffusion qui s'affranchit dans une large mesure des contraintes dues à la rareté des éléments des collections. Plutôt qu'attirer à lui, le musée peut « aller » vers ses publics. Si le potentiel d'innovation dans ce domaine reste large, les technologies disponibles permettent d'engager une telle démarche dès aujourd'hui.

Bibliographie

AFDEL (2010). *L'édition de logiciels, une priorité pour le Grand Emprunt national*, 2010.

Anderson et al. (2010). *Towards a workable emulation-based preservation strategy: rationale and technical metadata* – David Anderson, Janet Delve, Dan Pinchbeck. New review of Information Networking. ISSN 1361-4576.

Archives (2001). *Bulletin des Archives de France sur la conservation à long terme des documents électroniques* N° 6 juillet 2001.

Aspray (2003). *The Early History of Software, 1952–1968 – in History of Computing*. I. Bernard Cohen and William Aspray, editors. William Aspray, 2003.

Benkeltom (2009). *Les régimes de l'open source : solidarité, innovation et modèles d'affaires*. Thèse de doctorat, Nordine Benkeltom, 2009.

Bullich (2010). *Éléments pour une approche communicationnelle du droit d'auteur* – Vincent Bullich – XVIIe Congrès de la Société des Sciences de l'Information et de la Communication : « Au coeur et aux lisières des SIC » – Dijon, 23-25 juin 2010.

Culture (2008). *La conservation à long terme des documents numérisés*. Rapport publié en 2008 par le ministère français de la Culture et de la Communication.

Denoyelle (2005). *Conserver le patrimoine logiciel ?*, Philippe Denoyelle, conférence invitée, INFORSID 2005.

Hodsworth et Wheatley (2001). *Emulation, Preservation, and Abstraction*, by David Holdsworth and Paul Wheatley, RLG Diginews, 15/08/2001, vol5-4, ISSN 1093-5371.

Parisot (2004). *Droit d'auteur et cybermusée*, Véronique Parisot, in *Museology, International Scientific Electronic Journal*, issue 2, 2004.

Rideau et Dang-Vu (1999). *Metaprogrammation et disponibilité des sources – deux défis informatiques d'aujourd'hui*. François-René Rideau et Dang-Vu Ban, actes du colloque « Autour du Libre », 25-27 janvier 1999.

Rothenberg (1999). *Avoiding Technological Quicksand: Finding a Viable Technical Foundation for Digital Preservation* – by Jeff Rothenberg, January 1999.

Sénat (1998). *Rapport d'information du Sénat n° 331 (1997-1998) de M. René TRÉGOUËT*, fait au nom de la commission des finances, déposé le 4 mars 1998.

Talon et Walker (2008). *Digital technologies and the museum experience : handheld guides and other media* / TALLON Loïc ; WALKER Kevin. 2008. ISBN 978-0-7591-1121-9.

Biographie

François LETELLIER est administrateur de l'association ACONIT et porteur d'un projet de musée virtuel de l'informatique. Ingénieur de formation, il s'est spécialisé dans l'innovation logicielle ouverte en tant que consultant indépendant, directeur du cluster régional Edit, co-fondateur de l'association OW2 (middleware open-source), directeur exécutif du consortium ObjetcWeb à l'INRIA, créateur d'entreprise, expert auprès de structures de support à l'innovation et chargé de cours dans l'enseignement supérieur.

Doit-on et peut-on libérer les collections informatiques ?

Jean M. Thiéry

ModLibre.info
575 A chemin de Rastel, F-13510 Éguilles, France
Jean.Thiery@ModLibre.info

RÉSUMÉ. Les logiciels constituent un patrimoine immatériel très important. Ils doivent être conservés sous forme ouverte pour des raisons fondamentales (refus des boîtes noires) et pour des raisons juridiques (historique des règles de l'art). Ils devraient aussi être libérés pour garantir leur pérennité à long terme. L'article présente quelques exemples de logiciels à sauvegarder en priorité, dans le domaine scientifique et dans le domaine grand public, en particulier pour les micro-ordinateurs.

ABSTRACT. Software is a very important world heritage. It should be saved as open software for fundamental reasons (refusal of black boxes) or legal reasons (history of the current state of the art). Software should be liberated for durability. This article presents a list of software to be saved in priority, for science and for general use, especially on microcomputers.

MOTS-CLÉS : logiciel libre, logiciel ouvert, bioinformatique, chimie informatique, mathématiques, physique, statistiques, micro-ordinateur, station de travail, ordinateur centralisé.

KEYWORDS: free software, open software, bioinformatics, computational chemistry, mathematics, physics, statistics, microcomputer, workstation, mainframe.

1. Introduction

Les logiciels constituent un patrimoine immatériel très important qui doit être conservé avec soin. Les sources doivent rester ouvertes pour des raisons fondamentales (refus des boîtes noires) et pour des raisons juridiques (historique des règles de l'art).

L'historien des sciences devrait pouvoir suivre l'évolution des logiciels qui ont permis de nouvelles découvertes. Le juriste devrait pouvoir retrouver la date certaine de telle ou telle règle de programmation.

L'expérience montre qu'il est très difficile de retrouver les sources d'un programme de plus de dix ans (et parfois moins). Les centres de calcul ont disparu, les laboratoires ont été réorganisés, les chercheurs ont changé de sujet, les sauvegardes se sont dégradées ... Dans certains cas, il ne reste plus que des supports démagnétisés, des cartes perforées ou un listing ! Sans parler de l'obsolescence technologique qui empêche de relire des supports a priori corrects !

Les logiciels libres ont plus de chance de résister à ces dégradations puisqu'ils peuvent être diffusés dans d'autres laboratoires et facilement recopiés à chaque changement technologique.

Cet article propose quelques pistes pour reconstituer un patrimoine fortement dégradé :

- pour la *chimie informatique* qui avait bénéficié, pendant quatre décennies, de l'existence du QCPE (*Quantum Chemistry Program Exchange*) ;
- pour plusieurs disciplines scientifiques (*mathématiques, statistiques, physique, chimie et bioinformatique*) ;
- et pour l'informatique quotidienne sur micro-ordinateurs.

Un Musée de l'Informatique pourrait jouer un rôle crucial pour la reconstitution et la sauvegarde de ce patrimoine.

2. L'exemple de la chimie informatique

2.1. Introduction

Toutes les disciplines scientifiques ont bénéficié de l'informatique, mais il est difficile de retrouver certaines informations pertinentes. Peu avant 1960, des chimistes ont commencé à utiliser les ordinateurs disponibles pour effectuer des calculs en chimie quantique. Ils eurent l'idée de mettre en commun leurs programmes de calculs. Richard W. Counts créa le QCPE (*Quantum Chemistry Program Exchange*) qu'il anima jusque dans les années 2000. Les informations circulèrent avec des Lettres informelles (Newsletters), puis avec un Bulletin trimestriel à partir de 1981 (ISSN 0889-7514).

Au début le QCPE était centré essentiellement sur la chimie quantique. Il s'intéressa progressivement à d'autres domaines de la chimie informatique (*computational chemistry*) : analyses de spectres (infrarouge, optique, RMN, RPE, ...), cristallographie, ... et vers les années 1990 à certains aspects de la bioinformatique.

Le dépouillement des Bulletins du QCPE et la recherche de quelques dates complémentaires permettent de tracer un historique de la chimie informatique et des ordinateurs disponibles. La plupart des dates ci-dessous correspondent aux dates de disponibilité dans les laboratoires, souvent plus tardives que les dates d'annonce des

logiciels, des matériels et des moyens de transferts (supports magnétiques, réseaux, ...).

2.2. *Quelques dates importantes pour la chimie informatique*

1962-04 : Première *Newsletter* du QCPE citée pour son 30ème anniversaire (QCPE Bull. 1992, 12-2, p. 27).

1964 : Commercialisation du CDC 6600 considéré comme le premier super-ordinateur (http://en.wikipedia.org/wiki/Control_Data_Corporation).

1965-03 : Digital Equipment lance le PDP-8 optimisé pour l'instrumentation scientifique (<http://fr.wikipedia.org/wiki/PDP-8>).

1976 : Lancement du Cray-1 super-ordinateur à architecture vectorielle ([http://fr.wikipedia.org/wiki/Cray_\(entreprise\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Cray_(entreprise))).

1980-02 : Publication du catalogue de logiciels du NRCC (*National Resource for Computation in Chemistry*) (NRCC 1980). Le NRCC avait été créé pour fournir des moyens et du personnel consacrés au développement de la chimie et des sciences apparentées grâce à l'utilisation du calcul intensif.

1981-10-01 : Fermeture du NRCC. Les bandes magnétiques sont transmises au QCPE (QCPE Bull. 1981, 1-4, p. 63).

1983-02 : Le rôle de la chimie informatique pour les recherches en catalyse est confirmé par une publication dans *Science* (QCPE Bull. 1983, 3-1, p. 5).

1983-08-23 : Le *Wall Street Journal* publie un article de Ronald Alsop sous le titre « Scientists are turning to computers in search for new chemicals, drugs » (QCPE Bull. 1983, 3-4, p. 77-81).

1984-05 : Les micro-ordinateurs commencent à être utilisés en chimie informatique. « correctement configurés, ils permettent des calculs toujours plus importants ; si importants que l'on oublie qu'ils sont des ordinateurs 16 bits » (QCPE Bull. 1984, 4-2, 35). Mais ceci n'est vrai qu'avec un coprocesseur mathématique bien géré par le compilateur *Fortran* (QCPE Bull. 1984, 4-3, p. 54).

1984-08 : Le QCPE annonce la distribution de logiciels pour PC sur des disquettes 5"1/4 (QCPE Bull. 1984, 4-3, p. 54).

1984-08 : Distribution des deux premiers programmes pour IBM-PC. Ce sont les adaptations de programmes antérieurs de chimie quantique (programmes CNDO/INDO et MNDO) (QCPE Bull. 1984, 4-3, p. 75-76). Ces programmes sont écrits en *Fortran* qui restera le langage dominant. D'autres langages apparaîtront ultérieurement : *Basic*, *Turbo-Pascal*, ... et même *APL*, *C*, *Modula-2*.

1985-05 : James J. P. Stewart présente une communication sur la portabilité des programmes informatiques (QCPE Bull. 1985, 5-2, p. 51-54).

1985-08 : Donald B. Boyd résume l'enquête « Profile of Computer-Assisted Molecular Design in Industry ». La chimie informatique est en pleine expansion dans l'industrie. La moitié des ordinateurs utilisés sont des ordinateurs départementaux VAX 11 de Digital Equipment. Les logiciels proviennent du QCPE, d'universités ou de jeunes sociétés spécialisées (QCPE Bull. 1985, 5-3, p. 85-91).

1985-11 : Un éditorial résume l'histoire déjà ancienne du calcul parallèle. Le facteur limitant semble être au niveau des algorithmes, surtout en chimie quantique où les calculs sont difficilement parallélisables (QCPE Bull. 1985, 5-4, p. 113). Par contre la chimie quantique utilise beaucoup de calculs matriciels pouvant bénéficier de la vectorisation.

1986-05 : Analyse de la station de travail Apollo et référence à d'autres stations (Sun, MicroVAX II de DEC et RT-PC d'IBM) toutes bien adaptées à la chimie informatique (QCPE Bull. 1986, 6-2, p. 39-41).

1987-02 : Premières craintes sur l'évolution des *Copyrights* (QCPE Bull. 1987, 7-1, p. 3).

1987-05 : Utilisation d'un outil de calcul formel (*Macsyma*) pour la programmation en chimie informatique (QCPE Bull. 1987, 7-2, p. 69-72).

1987-08 : Une note d'Edgar Soulié « Good Programs Based on Unknown Algorithms » insiste sur la nécessité de publier les programmes ET les algorithmes (QCPE Bull. 1987, 7-3, p. 118-119).

1988-05 : Distribution des deux premiers programmes pour Apple Macintosh II. Ce sont les adaptations de programmes antérieurs de chimie quantique (programmes FORTICON8 et SCFMO écrits en *Fortran*) (QCPE Bull. 1988, 8-2, p. 102-103).

1989-02 : Version No 1 de la licence GNU GPL de Richard Stallman (2010).

1989-05 : Présentation des procédures de tests du QCPE (QCPE Bull. 1989, 9-2, p. 47-48).

1989-05 : Les nouvelles stations de travail seront des plate-formes Unix basées sur des processeurs RISC (QCPE Bull. 1989, 9-2, p. 52).

1990-02 : « On estime maintenant qu'en 1990 les revenus d'IBM provenant de systèmes personnels dépasseront ceux de la vente d'ordinateurs centralisés » (QCPE Bull. 1990, 10-1, p. 2).

1990-02 : La communication « Toward an Undergraduate Computational Chemistry Curriculum » de K. R. Fountain et Jon Salmon présente des logiciels pour l'enseignement de la chimie informatique (QCPE Bull. 1990, 10-1, p. 3-4).

1990-08 : Le QCPE commence à distribuer des logiciels avec des licences liées au statut des laboratoires. Les logiciels restent ouverts mais ils enfreignent au moins une des quatre libertés de la GPL, même pour les laboratoires « académiques » (QCPE Bull. 1990, 10-3, Annexe).

1992-05 : Le *Lawrence Livermore National Laboratory* remplace l'un de ses superordinateurs CRAY par une ferme de stations de travail IBM RS/6000 (QCPE Bull. 1992, 12-2, p. 30).

1993-02 : Compte tenu des équipements des utilisateurs, les programmes pour PC sont désormais envoyés par défaut sur des disquettes 3"1/2 au lieu de 5"1/4 (QCPE Bull. 1993, 13-1, p. 7).

1993-08 : Le téléchargement des programmes par « ftp » devient possible pour un grand nombre de correspondants du QCPE (QCPE Bull. 1993, 13-3, p. 44-45).

2.3. Peut-on libérer la chimie informatique ?

La majorité des programmes du QCPE étaient dans le domaine public car ils avaient été financés par des crédits fédéraux américains ou la recherche publique d'autres pays. Par ailleurs, les sources étaient indispensables pour permettre des adaptations avant recompilation car chaque marque d'ordinateur avait « son *Fortran* » !

À partir de 1985, la chimie informatique devint un enjeu industriel, comme beaucoup d'autres aspects de l'informatique. Des logiciels du domaine public furent intégrés dans des produits commerciaux et les sources des nouvelles versions ne furent plus disponibles.

En 1989, Richard Stallman (2010) créa la licence GNU GPL qui garantissait la pérennité du logiciel libre.

Pour libérer un logiciel du QCPE, il faudrait obtenir l'accord de tous ses ayants-droits. C'est probablement trop tard !

Par contre, il serait important de rassembler dans un Musée de l'Informatique tous les programmes du QCPE pour les raisons évoquées dans l'introduction : raisons historiques (recherches sur l'évolution de la programmation) et raisons juridiques (preuves d'antériorité). Cette logithèque est particulièrement importante car elle s'est adaptée, pendant plusieurs décennies, à l'évolution de la chimie informatique et à celle des matériels disponibles.

Il faudrait prendre contact avec l'*Indiana University* (Bloomington, IN 47405 USA) qui avait hébergé le QCPE pendant une quarantaine d'années. Cette université ne semble plus concernée : la plupart des liens Internet sont rompus ! Même le lien souvent cité : qcpe.chem.indiana.edu.

Les archives ont-elles été transmises dans une autre institution ? Ont-elles été privatisées ?

On pourrait retrouver une partie des programmes du QCPE dans les archives de certains laboratoires de chimie théorique. Les programmes pour IBM-PC et Macintosh II étaient distribués sur des disquettes (encore lisibles dans de bonnes conditions de conservation !). Peut-on encore relire les autres supports

magnétiques ? Doit-on numériser les listes et les documentations imprimées qui auraient survécu ?

Par ailleurs, il serait souhaitable que toutes les informations disponibles soient rassemblées sur un site Internet public, accessible par tous.

3. L'exemple d'autres disciplines scientifiques

3.1. Mathématiques et statistiques

De nombreux logiciels libres ont été développés pour les **mathématiques appliquées** :

- la bibliothèque de calculs matriciels *LAPACK* ;
- la bibliothèque scientifique *GSL (GNU Scientific Library)* ;
- le logiciel matriciel *Octave* et ses bibliothèques mathématiques ;
- le logiciel matriciel et graphique *Scilab* avec ses modules spécialisés et son outil de programmation graphique *Xcos* pour l'étude de systèmes dynamiques hybrides ;
- les développements récents de *SciPy (Scientific Python)*, etc.

Les **mathématiques fondamentales** font souvent appel à des calculs symboliques :

- utilisation très ancienne de langages spécialisés comme *Lisp* ;
- existence de nombreux logiciels libres de calculs symboliques optimisés dans tel ou tel domaine (*Axiom*, *GAP*, *Maxima*, *PARI/GP*, etc.) ;
- émergence récente de *Sage*, un système écrit en *Python* permettant l'intégration de nombreux logiciels mathématiques libres.

Les **statistiques** et les **géostatistiques** utilisent de plus en plus le *langage R* (version libre du *langage S*) et *GRASS*, un Système d'Information Géographique pour l'analyse et la gestion des données spatiales.

Beaucoup d'autres logiciels mathématiques libres sont référencés sur le site *Framasoft.net*.

3.2. Physique et chimie

Les recherches en physique et en chimie ont souvent recours aux logiciels généraux précédents complétés le cas échéant par des bibliothèques ou des logiciels spécifiques, disponibles sur Internet lorsqu'ils sont libres.

Historiquement, des centres de recherches comme le CERN ont joué pour la physique un rôle équivalent à celui du QCPE pour la chimie informatique.

3.3. Bioinformatique

En bioinformatique (au niveau de la biologie moléculaire et des génomes) on trouve un site spécialisé pour les logiciels ouverts : l'*Open Bioinformatics Foundation* (<http://www.open-bio.org/>). Beaucoup de ces logiciels sont aussi libres.

3.4. Le rôle d'un Musée de l'Informatique

Un Musée de l'Informatique pourrait sauvegarder les versions successives des logiciels. En particulier, il pourrait conserver tous les documents nécessaires pour suivre et comprendre la libération de certains logiciels comme *Maxima* (anciennement *Macsyma*) et *Scilab*.

4. Les micro-ordinateurs

4.1. L'importance des micro-ordinateurs

Beaucoup d'utilisateurs de l'informatique ont conservé des micro-ordinateurs qu'ils avaient appréciés pour des raisons diverses. Ils ont constitué ainsi des collections qui ont un intérêt indéniable pour l'histoire fulgurante de l'informatique. Certains de ces ordinateurs fonctionnent encore. D'autres pourraient être facilement réparés en prélevant des cartes ou des périphériques sur des ordinateurs de la même génération.

Les micro-ordinateurs sont aussi très utilisés pour la recherche depuis une vingtaine d'années, comme nous l'avons vu dans la section consacrée à la chimie informatique.

4.2. La libération des micro-ordinateurs

Les logiciels de ces ordinateurs sont majoritairement propriétaires. On trouve aussi des partagiciels, des gratuiciels et quelques logiciels publics.

Les logiciels les plus anciens étaient souvent ouverts, mais ils ont été progressivement fermés à partir des années 80. Les logiciels libres ont été développés plus tard.

Les conditions d'utilisation des logiciels propriétaires sont très strictes. Ils sont généralement associés à un seul ordinateur. Comment le prouver au bout de quelques décennies ? Comment gérer un parc d'ordinateurs hétérogènes dans de telles conditions ? On peut espérer que les musées bénéficieront d'un assouplissement des contraintes juridiques.

L'existence de nombreux logiciels fermés pose un problème fondamental. Les musées doivent-ils se contenter de conserver des boîtes noires ? Peuvent-ils obtenir

l'ouverture des logiciels les plus anciens pour mieux enregistrer l'évolution de l'informatique ?

On pourrait libérer les ordinateurs les plus anciens en chargeant des logiciels libres à la place des logiciels originaux. Par exemple, pour beaucoup de micro-ordinateurs, on peut trouver sur Internet de nombreux logiciels libres compatibles *MS-DOS*, comme *FreeDOS* (<http://www.freedos.org/>).

L'élimination des logiciels originaux serait très critiquable car elle reviendrait à *réécrire l'histoire* ! Par ailleurs, les logiciels originaux n'ont pas tous été réécrits en libre, en particulier au niveau des pilotes. Qui aurait le courage de faire de la rétro-ingénierie pour des périphériques dépassés !

Nous avons testé la *cohabitation* entre les logiciels originaux et leurs équivalents libres en séparant bien les répertoires correspondants. En sélectionnant correctement les chemins d'accès on peut utiliser la machine en *mode original* ou en *mode libéré*.

Le *mode original* est plus satisfaisant pour les historiens des technologies. En particulier ceux qui s'intéressent à l'évolution des premiers systèmes d'exploitation se rendent vite compte que *MS-DOS* avait beaucoup à apprendre de ses concurrents (*DR-DOS*, *Prologue*, etc.). Dans cette compétition, les considérations commerciales ou industrielles l'avaient emporté sur les considérations techniques.

Le *mode libéré* est préférable pour l'enseignement et la recherche, car on évite de travailler avec des boîtes noires.

4.3. Le rôle d'un Musée de l'Informatique

Nous espérons que suffisamment de micro-ordinateurs anciens seront conservés dans des structures pérennes comme les musées et qu'ils resteront une source de réflexion et d'inspiration pour les historiens des technologies, les développeurs, les enseignants et le grand public.

5. Les stations de travail, les ordinateurs départementaux et les ordinateurs centralisés

La plupart des stations de travail avaient été développées avec des systèmes d'exploitation dérivés d'Unix. On pourrait sans doute trouver des versions ouvertes de ces systèmes.

Les principaux problèmes se situeront au niveau de la maintenance des stations : où trouver les compétences et les pièces de rechange ?

Les difficultés seront encore plus grandes pour les ordinateurs départementaux et les ordinateurs centralisés.

Peut-on envisager une simulation des systèmes d'exploitation les plus anciens ? Peut-on simuler des démonstrations convaincantes ?

Sinon, il faudra se contenter de présenter à l'arrêt quelques ordinateurs emblématiques.

6. Conclusion

Cet article présente de nombreux souhaits pour la sauvegarde et la libération des logiciels scientifiques et des logiciels d'usage quotidien. Certaines tâches comme les sauvegardes à long terme ne peuvent être réalisées que dans un cadre institutionnel. D'autres tâches pourraient être mutualisées avec la participation des associations directement concernées.

Bibliographie

- NRCC (1980). *Software catalog*. Lawrence Berkeley Laboratory, University of California.
- Stallman R.M., Williams S., Masutti C. (2010). *Richard Stallman et la révolution du logiciel libre*, Eyrolles, Paris. p.171.

Biographie

Jean M. Thiéry gère le site ModLibre.info (<http://ModLibre.info/>) promouvant des ressources libres pour l'éducation et la recherche. Il participe aux associations Aful, Axul, OLPC-France et SFBT.

Un musée de l'informatique au sommet de la Grande Arche de la Défense

Retour d'expérience sur un musée qui a attiré 150 000 visiteurs par an entre 2007 et 2010

Philippe Nieuwbourg

*Journaliste indépendant spécialisé dans les technologies de l'information,
auteur, formateur en entreprise et chargé de cours à l'UQAM (Montréal)
philippe@nieuwbourg.com*

RÉSUMÉ. Ouvert en 2007 et piloté par une équipe de passionnés regroupés en association à but non lucratif, le musée de l'informatique installé au sommet de la Grande Arche de la Défense a attiré plus de 150 000 visiteurs par an durant ses quatre années d'existence. Cet article résume la genèse de ce projet, les difficultés rencontrées, les succès obtenus et quelques enseignements qui peuvent être tirés de cette expérience. Par conviction et par choix, le musée de l'informatique de la Grande Arche avait choisi de faire porter ses efforts sur le volet expositions, laissant de côté dans un premier temps le volet conservation. Une collection de plusieurs milliers d'objets, plusieurs expositions temporaires et un partenariat avec le musée du jeu vidéo ont permis d'attirer plusieurs centaines de milliers de visiteurs et des centaines de groupes scolaires. En avril 2010, le ministère du développement durable, dirigée par Monsieur Jean-Louis Borloo, profite d'un incident technique mineur sur un ascenseur pour faire fermer le toit de la Grande Arche, et par voie de conséquence le musée de l'informatique et le musée du jeu vidéo. Une procédure juridique est toujours en cours à ce jour, dont l'Etat français a perdu les deux premières actions.

ABSTRACT. Founded in 2007 and managed by a team of volunteers, the French computer museum was installed in the roof of the Grande Arche in Paris La Défense. With more than 150,000 visitors per year during its four years of opening, it was managed by a non-profit organization. This article is a summary of our experience: its roots, problems we faced, goals we reached and what other projects could takeaway from our experience. Initially we focused more on the exhibition part of the museum job description than on the preserving side. A collection of thousands artifacts several temporary exhibitions and a partnership with the video game museum has brought to us hundreds of thousands visitors and hundreds of school groups. On April 2010, the French ministry of sustainable development, ran by Mr. Jean-Louis Borloo, used a minor technical issue on one elevator to close the roof of the Grande Arche. A civil law procedure is actually running. French administration lost the first two hearings.

MOTS-CLÉS : musée de l'informatique, musée du jeu vidéo, grande arche de la défense, paris, retour d'expérience, modèle économique.

KEYWORDS: computer museum, video games museum, grande arche, paris, business model, case study

1. Histoire du projet du musée de l'informatique de la Grande Arche

Le musée de l'informatique qui a ouvert ses portes pour une première exposition en 2007 est né d'un simple constat, réalisé par des professionnels de l'informatique qui se connaissaient, celui de la nostalgie des machines et des systèmes qu'ils utilisaient au début de leur carrière et voyaient remplacés par de nouveaux outils plus performants, mais différents. Des journalistes, des commerciaux, des chefs d'entreprise, des financiers, des gestionnaires... composaient le premier comité de pilotage informel du projet. La cheville ouvrière qui s'est mise en place par la suite et a pris en charge la réalisation de ce projet était composée de quatre personnes : Barbara Poirette, graphiste ; Michael Albo, directeur financier ; Francis Bouvier, entrepreneur ; et Philippe Nieuwbourg, journaliste. Aucun historien, aucun universitaire, aucun chercheur, c'était à la fois un choix et le constat de deux mondes différents et peu interpénétrés. En 2006 donc, ces passionnés se rencontrent, et constatent que :

1. il n'existe pas de lieu d'exposition pour transmettre l'histoire de l'informatique sous ses différents aspects ; les espaces du musée des arts et métiers sont bien sur évoqués, mais tous les participants conviennent que la place qui y est accordée à l'informatique est trop réduite face à l'ampleur de ces technologies ;
2. nous n'avons pas connaissance à l'époque de projets avancés et concrets de création d'un tel lieu ;
3. ils disposent tous ensemble de collections importantes qui pourraient être mises à disposition d'un lieu d'exposition, tout en restant leur propriété ;
4. le temps est venu de partager cette histoire ne serait-ce que par la disparition d'usages inconnus des plus jeunes générations (carte perforées, disquettes, etc).

Ils choisissent donc de réfléchir ensemble à un projet d'exposition temporaire, qui permettrait de tester auprès du public l'intérêt de l'histoire de l'informatique. Les contacts pris à l'époque lors de l'étude de marché, montrent en effet que les opinions sont très partagées. D'un côté ceux qui ont connu les débuts de l'informatique se réjouissent immédiatement du projet présenté ; de l'autre les plus néophytes ne voient pas l'intérêt d'exposer de « vieilles carcasses d'ordinateurs » et comparent le projet à un musée de la machine à laver ou du réfrigérateur.

Le comité restreint monte en quelques semaines un projet d'exposition, autour du matériel disponible dans les collections des membres de l'équipe et part à la recherche d'un lieu d'exposition.

2. Historique du projet à la Grande Arche

Le Toit de la Grande Arche est à l'époque un espace de 10 000 m², composé d'espaces extérieurs, d'espaces d'expositions, de salles de conférences. Il est situé

au sommet de l'Arche de la Défense. Accessible au public uniquement par les ascenseurs panoramiques qui montent directement de la dalle au sommet, le Toit de la Grande Arche offre un panorama complet sur la capitale, à 110 mètres de haut, dans l'axe exact des Champs-Élysées. Le Toit de la Grande Arche avait été imaginé par le Président François Mitterrand comme un espace toujours ouvert au public et qui accueillerait des visiteurs, des expositions, etc. L'Etat en a toujours confié la gestion à des sociétés privées, au travers d'une fondation. Mais l'histoire du monument n'est pas l'objet de cet article. Nous nous contenterons donc de rappeler qu'en 2005, c'est une société privée, la Société du Toit de la Grande Arche, qui en a la gestion pour le compte de l'Etat. Elle accueille les visiteurs, entretient le site, organise des événements, etc. Elle emploie alors une cinquantaine de personnes, essentiellement des agents de sécurité car le bâtiment est très contraignant du point de vue des règles de sécurité (ERP, IGH) et accueille le public 365 jours par an, 10 heures par jour.

L'attraction essentielle du site est le panorama extérieur, à 110 mètres de haut. Il attire en fonction des années autour de 150 000 visiteurs. Mais on constate une baisse régulière de fréquentation. Le bâtiment vieillit, il est entouré de tours de plus en plus hautes et son attractivité baisse.

Pour les gestionnaires de la STGA (Société du Toit de la Grande Arche), il devient nécessaire de trouver des relais de croissance susceptibles d'attirer de nouveaux visiteurs. Elle organise de manière régulière des expositions, artistiques, qui durent entre 3 et 6 mois. Francis Bouvier, qui dirige la société, propose alors de mettre à disposition les lieux pour organiser le projet d'exposition temporaire liée à l'histoire de l'informatique.

3. La première exposition, en 2007

Les principaux soutiens du projet créent alors une association à but non lucratif, Antémémoire, qui se fixe pour objectif de promouvoir l'histoire de l'informatique et comme action concrète l'organisation de cette première exposition. Les compétences des membres sont mises à contribution, et une première exposition est imaginée, simple, mobile, destinée à rappeler les grands moments, les grandes technologies et les grands hommes de l'histoire de l'informatique. Sur 400 m², cette exposition dispose d'un budget très réduit, de l'ordre de 20 000 euros pour l'ensemble de sa scénographie. Des sponsors privés financent en parallèle la soirée de lancement et les actions de communication.

Les attentes semblent fortes puisque l'exposition est un grand succès. Elle attire plusieurs dizaines de milliers de visiteurs, qui payent un droit d'entrée global qui comprend l'accès à la Grande Arche et l'accès à l'exposition. Les retombées presse sont également très importantes et donnent de la visibilité à cette première exposition. Prévue pour durer 3 mois, elle est prolongée pendant 8 mois et face à ce succès, les organisateurs décident de transformer cette exposition temporaire en lieu permanent.

4. Transformation de l'exposition temporaire en permanente

Le comité des sympathisants de ce qui devient un « projet de musée de l'informatique » prend de l'ampleur, les donateurs d'objets historiques se font plus nombreux, et le même groupe de pilotage du projet s'attelle à la création de la seconde étape. Voici un résumé des grandes questions auxquelles nous avons été confrontés.

4.1. Le choix du nom : musée ou pas musée

Eternel débat dont il est amusant de constater qu'en 2012, aux prémices de chaque projet, on se repose la même question. En 2007, notre analyse était simple et sans appel. D'un côté le terme de « musée » ne fait déjà plus rêver personne, il a une connotation passéiste, n'attire pas les jeunes publics ni les financements publics, à moins d'avoir le label « musée de France ». Mais à côté de ces défauts, notre étude de marché montre que face à l'expression « musée de l'informatique », 100 % des personnes interrogées identifient immédiatement qu'il s'agit d'un lieu consacré à l'histoire de l'informatique et imaginent donc qu'on y verra d'anciens ordinateurs. Les autres termes envisagés (Cité Numérique, Antémémoire, Arche Numérique...) ainsi que les alternatives au mot musée (Palais, Centre, Cité...) semblent toutes plus modernes et ne présentent pas les défauts relevés ci-dessus. Mais tous ces autres choix apportent un taux de reconnaissance par le public beaucoup plus faible. Et ce n'est pas propre à l'informatique ! La « cité du cinéma » sera perçue par certains comme un lieu historique, par d'autres comme des studios de tournage, ou comme un multiplex.

Or du point de vue du marketing touristique, la compréhension et l'identification immédiate d'un lieu et de son contenu dans l'esprit des visiteurs est un facteur majeur de choix. Nous avons donc choisi le terme de « musée de l'informatique » malgré ses inconvénients. Egalement pour des raisons budgétaires, car la simple mention du nom permet de le situer dans l'esprit des lecteurs, auditeurs. Notre budget communications serait réduit au minimum et nous ne pouvions pas nous permettre de consacrer de l'argent à l'explication de notre nom.

Le terme « musée de l'informatique » ne pouvant être protégé car générique, nous avons choisi de ne pas tenter de le déposer à l'INPI, mais d'être présent sur Internet au travers du site www.MuseeInformatique.fr et de ses déclinaisons. Dès le lancement du projet, dans notre esprit, il devait y avoir plusieurs musées de l'informatique en France, tout comme il y a plusieurs musées de l'automobile ou du débarquement. L'idée était même dès le départ de proposer une fédération informelle des musées qui souhaiteraient traiter des sujets liés aux technologies de l'information et de la communication, afin de créer des parcours de visite, des opérations de promotion croisée, de se prêter des expositions, des objets, etc.

Si certaines opérations ont pu être mises en place, avec la Cité des Télécoms de Pleumeur-Bodou, avec la FEB (Fédération des Equipes Bull), etc, nous verrons par la suite que des obstacles imprévus se sont dressés sur le chemin de ce travail en commun.

4.2. *Conservation vs. exposition*

Bien que l'équipe de bénévoles constituée ne comptait aucun professionnel des musées en son sein, nous avons dès le départ bien conscience des différents métiers d'un musée et des limites de nos compétences et de notre budget. Nous avons identifié trois sujets : la conservation, l'exposition et l'éducation.

Après avoir pris contact avec les sponsors potentiels, nous avons vite perçu que le financement de la conservation ne pouvait pas être confié facilement à des sponsors privés. En effet, au risque d'être réducteur, nous n'avons pas identifié de sponsors prêts à financer des travaux invisibles au public et destinés à se valoriser à très long terme. Les sponsors ou mécènes demandaient en retour une visibilité, des outils de communication et des opportunités qui mettent en valeur leur financement. Le travail de conservation, très coûteux s'il est fait dans les règles de l'art par des professionnels de la conservation, ne trouvait aucun financement auprès de nos contacts.

Il nous a semblé par ailleurs que l'urgence n'était pas dans la conservation. En tous cas pas dans la conservation de l'ensemble des objets. Prenons l'exemple du Thomson TO7 (ou de l'Apple II, du TRS-80... et de la plupart des micro-ordinateurs fabriqués à partir des années 80), nous en disposons d'une bonne vingtaine d'exemplaires et il en reste certainement plusieurs milliers en France. Il ne nous a pas semblé prioritaire de « sanctifier » un TO7 ! En revanche, certaines machines mécanographiques, le Cray XMP, la collection IBM de Stéphane Mathon... représentent des pièces uniques, que nous devions protéger. Mais là encore, devions-nous protéger pour les conserver intactes, invisibles du public, au fond d'un hangar fortifié ? Ce n'est pas le choix que nous avons fait. Tout en respectant bien sur ceux dont c'est le métier.

L'emphase mise sur l'exposition et l'éducation, au détriment de la conservation, est donc parfaitement réfléchie. Elle a été décidée pour des raisons budgétaires et pour définir des priorités.

Nous avons donc imaginé un fonctionnement un peu inverse des grands musées classiques. Nous avons pensé que l'exposition, l'éducation, génèreraient de la visibilité et des ressources financières, qui permettraient par la suite de financer un travail de conservation.

Nous avons choisi de créer des expositions, permanentes ou temporaires, et de travailler sur des supports éducatifs. Notre « mission » était donc de transmettre et faire connaître l'histoire de l'informatique au travers de ses objets.

Là encore par souci de priorisation et pour des contraintes budgétaires, nous avons choisi de recentrer dans un premier temps sur le matériel, et de traiter par la suite des sujets plus complexes comme le logiciel, les métiers ou les interfaces homme-machine. Entre ne rien faire tant que nous n'avons pas un budget complet, et tout faire de manière brouillonne, nous avons choisi de faire par étape, en traitant de manière professionnelle chaque étape.

4.3. *Le musée version 2*

Nous avons donc ouvert en avril 2008, une version 2 de notre travail, autour d'une exposition permanente et d'une exposition temporaire.

Voici quelques éléments factuels et chiffrés de cette installation :

1. Surface de l'exposition permanente : 400 m²
2. Nombre d'objets exposés : environ 100
3. Surface de l'exposition temporaire : 2 x 200 m² / Chaque exposition temporaire restait en place environ 6 mois
4. Budget d'investissement de l'exposition permanente : 150 000 euros environ (y compris les actions de communication du lancement)
5. Budget d'investissement des expositions temporaires : 15 000 euros environ par exposition
6. Ces budgets ne tiennent pas compte du temps passé par les bénévoles qui n'est pas valorisé. Ils ne représentent donc que des achats externes, de matériels et prestations.

4.4. *Les expositions temporaires*

Nous avons à ce jour réalisé plusieurs expositions temporaires, mobiles et réutilisables :

- Histoire de la naissance d'Internet / Cette exposition a été partagée sous licence Creative Commons et a été présentée dans une dizaine de villes de France à l'occasion des fêtes de l'Internet ; Elle est également présentée de manière permanente aux visiteurs du iMusée de Montréal (Canada) ;
- Exposition artistique créée par Stéphane Mathon ;
- Les 25 ans du Mac ;
- Exposition artistique créée par SVM Mac ;
- Histoire de la SEA (exposition conçue par Pierre-Eric Mounier-Kuhn) / cette exposition a été présentée à la Mairie de Courbevoie en 2010 ;
- Le SICOB (exposition créée à partir des archives du fondateur du SICOB, Max Hermieu).

Ces expositions sont conservées pour être éventuellement réutilisées dans le futur.

4.5. *Les soutiens publics*

Même s'ils sont plus symboliques que réels, le musée de l'informatique de la Grande Arche a été soutenu ou parrainé par de nombreux décideurs politiques.

Le Président de la République Jacques Chirac, arrivant à la fin de son mandat, avait soutenu la première exposition, sans pour autant pouvoir la parrainer ce qui aurait engagé son successeur.

Le candidat Nicolas Sarkozy avait apporté son soutien à la création d'un musée de l'informatique. Trois ans plus tard, à la fermeture de la Grande Arche, nous lui avons rappelé, sans succès, son soutien.

Nous n'avions obtenu aucun soutien du côté du ministère de la culture et de la communication, en revanche nous avons obtenu le parrainage de Valérie Pécresse, Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Ainsi que celui de Eric Besson, Ministre de l'Industrie et du Développement Numérique, qui avait d'ailleurs inauguré en personne l'exposition sur la naissance d'Internet à l'occasion de la conférence mondiale de l'ICANN qui se tenait à Paris.

Les politiques locaux de tous niveaux et de tous bords, ont toujours officiellement soutenu le musée de l'informatique et la Grande Arche, sans pour autant réagir lors de sa fermeture, surtout attentifs à ce que cela ne leur porte pas préjudice. A l'exception notable de Jacques Kossowski, député-maire de Courbevoie, qui a toujours fait le maximum pour nous aider dans nos démarches et n'a pas hésité à critiquer publiquement la décision de fermeture, pourtant prise par ses propres alliés politiques. Nous tenons à le remercier pour son soutien.

5. Etat des collections actuelles

Les collections actuelles du musée de l'informatique représentent plusieurs milliers d'objets. Les objets restent la propriété des membres de l'association qui les mettent gracieusement à la disposition du musée de l'informatique.

Les collections sont composées de machines, de toutes époques, des années 40 à la fin des années 90 ; de documents, manuels, courriers, magazines, affiches ; de logiciels. Certaines machines sont fonctionnelles, d'autres ne le sont pas. Nous ne disposons pas des compétences pour tester et réparer l'ensemble des machines qui composent la collection et ne prendrons aucun risque de détériorer les objets.

Les collections sont conservées dans des conditions correctes, mais sans être bien sur à la norme des musées de France. Le coût de stockage (environ 10 000 euros par an) est pris en charge à titre personnel par des membres de l'association. Les collections ne sont pas visitables par le public.

Nous recevons également des dons en nature de personnes physiques ou morales qui préfèrent nous donner des objets plutôt que de les détruire. Une centaine de ces donateurs est référencée sur une page du site du musée de l'informatique.

Un inventaire partiel, à la norme des musées de France, est en cours. A cette occasion l'ensemble des données est collecté et saisi dans une base normée. Mais cet inventaire n'est actuellement pas poursuivi par manque de ressources bénévoles.

N'oublions pas, comme nous le verrons par la suite, que le musée de l'informatique de la Grande Arche est fermé depuis avril 2010 et qu'il ne dispose plus actuellement de ressources financières.

6. La recherche de sponsors et mécènes

Dès la première exposition, une partie de notre temps a été consacré à la recherche de sponsors et mécènes afin de développer de nouvelles activités, de nouveaux supports d'éducation. Nous avons toujours fonctionné en mode projet, en allant chercher les ressources avant de lancer un projet et en affectant de manière claire chaque ressource à un projet précis.

Notre fonctionnement de type « entrepreneurial » nous a toujours conduit à n'engager aucune dépense pour laquelle nous n'avions pas en face sécurisé le financement.

Nous sommes aujourd'hui fiers, malgré la fermeture de la Grande Arche, d'avoir pu proposer au public, à des centaines de milliers de visiteurs, des expositions certes imparfaites, mais qui n'ont pas coûté un centime en fonds publics. Nous n'avons jamais demandé la moindre subvention de fonctionnement et avons toujours ajusté nos charges afin qu'elles ne dépassent pas nos recettes. Mettre en place un musée de l'informatique avec un budget de fonctionnement équilibré, sans subventions publiques de fonctionnement, est donc possible. A condition bien sûr d'adopter des méthodes de gestion proches de l'entreprise, et d'accepter certains compromis.

Mais nous sommes allés chercher des mécènes et sponsors privés, sans grand succès d'ailleurs. Voici une petite synthèse des réponses reçues à nos sollicitations :

- Les grandes fondations d'entreprises privées ou publiques nous ont toutes répondu que leurs choix se portaient sur des actions humanitaires, vers l'aide aux enfants, aux victimes de toutes sortes... et que la culture et les technologies ne rentraient pas dans leurs missions ;
- Les grandes entreprises de technologies (IBM, Microsoft, Intel, Apple...) nous ont toutes répondu que le financement d'un musée de l'informatique ne donnait pas une image moderne de leur entreprise et ne figurait pas dans leurs axes de communication. Je citerai pour mémoire la réponse de la responsable de la communication de HP qui nous a expliqué qu'elle « préférerait sponsoriser le festival de Cannes que le musée de l'informatique » ;
- Les donateurs privés ont participé, mais pour des montants non significatifs.

En revanche, nous avons constaté un intérêt autour du musée de l'informatique de la part de sociétés d'informatique, à condition qu'une prestation leur soit proposée. Plutôt que de rechercher des sponsors, nous avons donc développé une offre de prestations (location de salles, privatisation du musée, conférences de presse, animations, soirées) qui ont au bout de deux ans, assuré 50 % des revenus du musée. Le potentiel pour ces prestations de communication reste important.

7. La communication

Ne disposant pas d'un budget nous permettant de faire de la publicité dans Paris ou dans des guides touristiques, nous avons privilégié à l'ouverture du musée des actions de communication en direction de la presse, dont notre équipe connaissait bien le fonctionnement.

Le résultat a dépassé nos espérances et le montant investi dans une agence de relations presse a été largement rentabilisé. Nous avons obtenu des retombées presse en télévision (France et étranger), en radio, en presse écrite et en ligne. Avec des reportages diffusés sur tous les grands médias nationaux (TF1, France 2, France 3, Canal Plus), nous avons assuré un flux important de visiteurs au musée pendant son ouverture. Le fonctionnement des médias impose, pour que la communication réussisse, une personnalisation du message. C'est moi qui ai endossé ce rôle car il fallait aux médias une figure à mettre en avant. Une « entité » ou un « groupe de personnes » ne communique pas efficacement dans les médias. Il faut une personne, un « bon client » qui soit réactif, accepte les contraintes parfois très dures de délai en particulier en télévision.

Cette forte communication a eu l'effet positif que j'ai décrit précédemment, mais elle a également généré des réactions violentes que nous n'avions pas anticipées. Il semble que certaines associations qui travaillent depuis longtemps à la préservation de la micro-informatique (comme MO5 ou WDA) aient mal accepté la création du musée de l'informatique de la Grande Arche et la communication qui a eu lieu en 2007 et 2008 sur le sujet. Jalousie ou mauvaise communication de notre part, je ne me prononcerai pas. Mais nous avons été littéralement insultés à de nombreuses reprises sur les forums et blogs par certaines personnes, dont des dirigeants de ces associations. Les associations n'ont jamais cautionné ces réactions violentes, mais le double discours entre les associations et leurs membres n'était pas très difficile à identifier. Cela n'a pas eu d'impact négatif sur les visiteurs, car ces réactions étaient limitées à une petite communauté de quelques centaines de passionnés. Mais elles ont créé des tensions que nous avons encore du mal aujourd'hui à nous expliquer.

Il nous semblait que toute initiative devait être saluée par l'ensemble de la communauté et les choix faits par les uns et les autres devaient être respectés. Cela n'a pas été le cas.

Notre conclusion sur ce point, importante dans le cadre d'une réflexion nationale, est que de nombreuses associations souhaitent un musée de l'informatique, mais qu'il faut accepter que chaque association ou chaque dirigeant fondateur veuille plutôt son propre musée de l'informatique...

Je tiens cependant à souligner ici que nous avons entretenu à l'inverse d'excellentes relations constructives avec d'autres associations comme la FEB (Fédération des Equipes Bull), ou l'association qui gère le iMusée de Montréal...

8. Vers le musée du jeu vidéo

Dès la création du musée de l'informatique de la Grande Arche, nous avons fait l'impasse sur un sujet, celui des jeux vidéos. Tout simplement par manque de compétences sur le sujet. Aucun membre de l'équipe n'était un grand connaisseur du sujet. Plutôt que de mal traiter ce thème nous avons préféré l'écarter volontairement dans un premier temps.

Fin 2009, nous avons lancé une réflexion sur le thème et avons été contacté par Alerte Orange, une agence de communication dont le fondateur Olivier Bodeur est collectionneur et passionné par le sujet de l'histoire des jeux vidéos. Notre mode de fonctionnement étant compatible avec leurs attentes, nous avons choisi de confier à Alerte Orange un espace de 400 m², contigu à l'exposition permanente, à leur charge d'y installer un musée du jeu vidéo.

Le projet a été mené début 2010, et au mois de mars, a ouvert cet espace complémentaire au sommet de la Grande Arche. Les mêmes discussions sur l'usage du mot « musée » et les mêmes critiques violentes d'autres associations, ont été reproduites ; les même causes produisant les mêmes effets...

Pour ce projet, Alerte Orange avait obtenu une subvention de 15 000 euros du ministère de la culture. Malheureusement, la panne d'ascenseur décrite plus loin ne leur a permis d'ouvrir que deux semaines. Tout le travail réalisé par leurs équipes ainsi que les investissements réalisés ont été détruits par l'attitude du ministère du développement durable, propriétaire de la Grande Arche. Les équipes de Alerte Orange en gardent un souvenir plus qu'amère.

9. La chute... Fermeture de la Grande Arche

Je ne m'étendrai pas longuement sur ce sujet, d'autant plus que des procédures judiciaires sont en cours et que leur issue pourrait prendre plusieurs années car l'Etat est impliqué et que plusieurs tribunaux sont saisis.

En synthèse, en avril 2010, un incident se produit sur un des ascenseurs panoramiques qui montent au sommet de la Grande Arche. L'Etat, par la voix du ministère du développement durable, dirigé à l'époque par Jean-Louis Borloo, impose une fermeture administrative le temps de réaliser les réparations. Nous constatons rapidement que ce n'est qu'un prétexte et que l'autorisation de réouverture ne sera jamais donnée, même si la réparation est effectuée en quelques semaines.

Depuis avril 2010 la situation est totalement bloquée. Les élections présidentielles n'ont fait que figer la situation pendant plus d'un an. A ce jour, le Toit de la Grande Arche est fermé au public. Le musée de l'informatique est toujours installé au sommet et rien n'a été déplacé. Mais toute visite est impossible. Les 50 salariés ont été licenciés fin 2010, l'Etat prend actuellement en charge les frais de gardiennage, de chauffage, d'électricité... sans pouvoir exiger le déménagement du musée. Après avoir demandé en référé l'expulsion du musée, l'Etat a été débouté

deux fois, en référé et en appel de ses demandes. L'affaire devrait être jugée sur le fond en 2013. Nous avons estimé à deux millions d'euros par an le manque à gagner direct et indirect pour l'Etat suite à la situation ubuesque qu'il a créé.

10. Les projets

Pendant un an environ suite à la fermeture, l'association à l'origine du musée a multiplié les démarches afin de faire connaître la situation et de trouver une issue. Mais les échéances politiques et l'environnement économique n'ont pas permis d'avancer sur les nombreux dossiers envisagés.

La réouverture du Toit de la Grande Arche est totalement improbable, trop de temps a passé depuis sa fermeture. La justice se prononcera.

Nous avons monté plusieurs dossiers, à Vitry sur Seine, à Sophia-Antipolis, à Vernon, à Caen, etc. Tous se sont heurtés à l'absence de financement public. Car si le projet de la Grande Arche était équilibré, par les nombreux visiteurs souhaitant monter en haut de l'arche, un projet moins bien situé n'attirera pas le même nombre de visiteurs. L'équation économique que nous avons proposée passe par la prise en charge de l'immobilier par une collectivité ; nous savons en revanche équilibrer le fonctionnement.

Les projets en France ne semblant pas avancer, nous avons soutenu activement le musée de l'informatique de Montréal. Encore modeste, il ne subit pas les freins administratifs français, et les ressources humaines et financières y sont plus faciles à trouver.

Nous soutiendrons bien sur toute initiative sérieuse qui verrait le jour en France, et c'est l'esprit de notre participation à ce colloque. La direction du projet par Pierre-Eric Mounier-Kuhn, la présence autour de la table de nombreux intervenants de qualité et le soutien du musée des Arts et Métiers, nous semblent constituer les meilleurs facteurs clefs de succès de ce projet que nous appelons de nos vœux.

Biographie

Philippe NIEUWBOURG est journaliste et analyste indépendant spécialisé dans l'informatique décisionnelle. Depuis 1995 il anime la communauté francophone des utilisateurs d'outils d'aide à la décision sur www.Decideo.fr. Autour de plusieurs livres sur l'informatique décisionnelle, il organise chaque années le Forum Decideo et participe à de nombreuses conférences en France et à l'étranger. Il est le co-fondateur de l'association Antémémoire qui est à l'origine du musée de l'informatique de la Grande Arche de la Défense.

Pour un manuel du conservateur amateur

Comment contribuer à un Musée de l'Informatique et de la société Numérique

Bernard Lang

AFUL

Association Francophone des Utilisateurs de Logiciels Libres, <http://aful.org/>

et

FFII France

Chapitre français de l'Association pour une Infrastructure Informationnelle Libre, <http://ffii.fr/>

Bernard.Lang@datcha.net

RÉSUMÉ. À côté de quelques entreprises collectives en France, représentées d'ailleurs par les organisateurs de ce colloque, il existe probablement de nombreux individus qui ont préservé une part de patrimoine technologique informatique, part qui risque peu à peu de se perdre, faute de pouvoir être préservée durablement et transmise à des structures plus pérennes. Cette contribution relate l'aventure personnelle de l'auteur, chercheur en informatique, en ce qui concerne la conservation de quelques matériels et de ses archives, imprimées ou numériques. Nous partons de l'hypothèse que la constitution d'un musée de l'informatique et de la société numérique, musée tant physique que numérique, devra nécessairement s'appuyer aussi sur des contributions individuelles, notamment sur celles des acteurs de terrain qui ont participé aux évolutions socio-technologiques qui concernent ce musée. Nous cherchons à identifier les types de contributions susceptibles d'être pertinents, les problèmes qui peuvent se poser aux acteurs individuels tant pour la conservation que pour la mise à la disposition d'une structure muséale, et donc aussi les moyens techniques, sociétaux et légaux de favoriser ces contributions dans l'intérêt commun.

ABSTRACT. Outside a few French organizations, actually represented by the organization committee of this colloquium, there are probably many individuals who have preserved a fragment of our digital technological heritage. But this will progressively be lost if nothing is done to transfer this heritage to more permanent structures able to preserve it durably. This contribution relate the personal experience of the author, a computer research scientist, regarding the preservation of some hardware and of his archives, whether in print or in digital form. This is written under the hypothesis that the creation of a museum of digital technology and society, both physical and digital, will necessarily have to rely also on individual contributions, and particularly those of the actual actors of the socio-technological transition that is to be presented in the museum. We attempt to identify what types of contributions may be relevant in this context, what kinds of problems may be encountered by

individual actors when preserving or transmitting their contributions to a museum structure, and thus also the technical, social or legal means to help and promote such contribution in everyone's interest.

MOTS CLÉS : patrimoine, matériel, logiciel, archive, imprimé, numérique, informatique, musée, amateur, conservateur, droit d'auteur, propriété.

KEYWORDS : heritage, hardware, software, archive, printed, digital, computer, museum, amateur, curator, copyright, ownership.

1 Introduction

1.1. Le conservateur amateur

Cette présentation est la vision d'un amateur. L'auteur n'a aucune expérience en matière de musée. Mais qu'est-ce qu'un musée ? A priori c'est un lieu de conservation et de présentation au public, où l'on vient regarder des objets, des voitures, des tableaux, des machines, des statues, des objets de la vie courante, des vêtements, voir des photos de ce qui ne saurait entrer physiquement dans une salle. Par contre, je n'ai pas souvenir d'un musée de la littérature. Il y a certes des musées consacrés à des écrivains ou aux formes et contextes de l'écrit, mais pour ce qui concerne les écrits eux-mêmes, on a généralement des bibliothèques et non des musées. Cette distinction serait-elle le pendant de la distinction informatique entre matériel et logiciel. On pourrait le penser, mais nous avons appris à quel point cette distinction n'est souvent que le reflet d'un choix technologique. Un musée de l'informatique, ou toute tentative de préservation et de présentation de l'histoire de l'informatique ne saurait privilégier l'un par rapport à l'autre, ni même les distinguer. En fait, la question est bien plus large : devant l'ubiquité grandissante de l'informatique dans tous les secteurs de la vie, comment établir une frontière entre ce qui relèverait ou ne relèverait pas de son domaine, surtout quand on l'étend à la société numérique.

Mais ce sont là des questions pour les professionnels, pour autant qu'elles aient un sens. Pour l'amateur, le problème est plus simple. Il tentera de contribuer en préservant tout ce qui, à un titre ou un autre, pourra lui sembler avoir une chance d'être pertinent, ce qui l'intéresse ou ce qui l'amuse, sans avoir nécessairement à se préoccuper de classifications, faute le plus souvent de pouvoir évaluer cette pertinence ou ces classifications. En fait, le rôle essentiel de la contribution des amateurs est sans doute le caractère personnel, parfois aléatoire, de cette contribution qui laisse une marge au hasard et à la sérendipité. Tel collectionneur – il en existe – qui accumule les publicités des fournisseurs d'accès fournira peut-être matière à une recherche sur l'évolution de la perception de l'Internet par le grand public, et sur l'évolution des offres. Mais cet exemple se heurte aussi, déjà, à un problème omniprésent : quelle est la pérennité des supports informatiques associés à ces publicités, notamment les disquettes et peut-être les CDROM.

Cette possibilité de bénéficier du « travail » de préservation de centaines ou de milliers d'individus rappelle d'ailleurs un phénomène, un mode de travail ou de création qui a émergé de l'évolution de l'Internet de façon plus identifiable, plus observable et plus gérable, au point de recevoir un nom, au moins en anglais : le « crowd-sourcing ». Traduit par « *externalisation ouverte* » sur Wikipédia, il s'agit de « *l'utilisation de la créativité, de l'intelligence et du savoir-faire d'un grand nombre de personnes, en sous-traitance, pour réaliser certaines tâches traditionnellement effectuées par un employé ou un entrepreneur* ».

Le rôle et le potentiel du *crowd-sourcing* est encore grandement sous-estimé par les professionnels des secteurs concernés qui souvent ne croient guère que des amateurs ou des contributeurs occasionnels soient à même de produire un apport de qualité. L'expérience et l'histoire montrent que ce point de vue est loin d'être toujours fondé. Il est cependant vrai que tout travail de conservation peut demander un savoir-faire, des connaissances ou des outils qui ne sont pas toujours facilement disponibles. C'est pour pallier ce manque de ressources, et non une inaptitude intrinsèque supposée des amateurs, que je souhaiterais, comme l'indique le titre de cette contribution, la mise à disposition publique des ressources pour assister les conservateurs amateurs.

Ces ressources peuvent être de diverses sortes. Mais la plus fondamentale est l'information technique sur les meilleures procédures et techniques de préservation, notamment au regard de l'obsolescence physique ou logique des entités à préserver. Le conservateur amateur (et peut être le professionnel aussi) est souvent démuné du savoir technique qui lui permettrait d'assurer la conservation dans les meilleures conditions possibles, compte tenu des moyens qui lui sont accessibles. C'est d'abord à cette absence d'une information facilement accessible que je souhaite voir remédier.

Bien entendu, la préservation peut être facilitée par l'usage d'outils adéquats, et elle pourrait donc être améliorée si de tels outils étaient mis à disposition du public, mais je dépasse déjà mon propos initial.

Au delà des problèmes matériels ou techniques, le conservateur amateur ou professionnel est souvent confronté à des difficultés juridiques car il n'est pas nécessairement propriétaire de ce qu'il veut préserver, que ce soit de nature matérielle ou immatérielle. Le législateur a parfois facilité les choses pour les structures officielles, quand elles existent, mais cela s'applique rarement aux personnes privées.

1.2. Mon expérience

Chercheur en informatique, j'ai traversé 40 années de son histoire en ayant de plus en plus conscience que je vivais une révolution majeure qui concerne tous les secteurs de notre existence, ce sentiment s'étant même renforcé avec le développement public de l'Internet, et la prise de conscience d'un changement fondamental, même s'il n'est encore qu'émergent, dans nos structures économiques..

Conservateur par tempérament, j'ai bien sûr cherché à en garder la mémoire. Cela inclut la préservation de quelques objets physiques, difficiles à choisir, et dont le nombre est forcément très limité par l'espace disponible. J'ai également cherché à préserver des documents et des textes, mais aussi des logiciels, en code source quand c'était possible, ou seulement en exécutable quand je n'avais pas d'autre choix. Pour résumer on peut considérer 4 catégories de choses à préserver :

- des objets matériels, équipements ou fragments d'équipement principalement ;
- des documents imprimés ;
- des enregistrements analogiques ;
- des documents numériques très divers .

Ces quatre catégories sont intéressantes en ce qu'elles posent des problèmes de préservation très différents, tant sur le plan technique que sur le plan juridique. Je rappelle que ces problèmes sont considérés du point de vue d'un individu isolé, pour qui la conservation n'est qu'une activité accessoire, en fonction des occasions et de ses appréciations subjectives du moment, sans qu'il ait le temps ou les moyens d'y consacrer beaucoup de ressources ou de se fixer des objectifs précis.

Par ailleurs, il est important de garder une perspective temporelle. Cette présentation parle nécessairement de l'expérience passée de l'auteur, qui explique le présent et peut permettre de mieux préparer l'avenir. Mais le passé est ce qu'il est. Ce qui compte aujourd'hui est de comprendre l'état des lieux et d'en tirer le meilleur parti possible pour assurer la préservation de l'histoire d'une période exceptionnelle en aidant tous les acteurs potentiels à contribuer le plus efficacement possible. Et mon souhait serait aussi que cette expérience passée suggère aux professionnels de mieux rendre public leur savoir faire afin d'aider les amateurs à mieux organiser leurs contributions futures.

2. Les équipements et autres témoins matériels

La question des matériels me semble, naïvement peut être, la plus simple en ce qui concerne l'action individuelle. principalement parce que la préservation des matériels est généralement très limitée : on ne garde usuellement que des choses que l'on a utilisées et qui sont suffisamment petites pour être tolérables dans l'espace disponible. Ces équipements sont souvent des éléments technologiques qui marquent une époque et que l'on voit disparaître. Pour prendre quelques exemples :

- la bande perforée en mylar, qui a remplacé un temps le papier trop fragile, et l'incontournable bac de cartes perforées ;
- boules et marguerites de machines à écrire, ou bande d'imprimantes ligne à ligne, ou papier thermosensible (évidemment périmé) ;
- modem de tailles et technologies diverses, y compris le modem acoustique qui ne marcherait plus avec les téléphones actuels ;
- terminaux alphanumériques, barrettes de mémoire ou disques durs

- périphériques amovibles et disquettes.

Il est souvent difficile de savoir si ces objets, qui parlent d'une époque révolue à celui qui les préserve et qui motivent son souci de préservation, sauront parler à un public qui ne partage pas leur expérience.

Il est aussi certain que la plupart des objets ainsi préservés ne sont pas rares, et ne le seront pas. Mais lesquels ? En dehors d'un intérêt personnel à préserver des souvenirs, et cela est vrai pour tout ce que je conserve, je me dis que si 5 % sont considérés utiles pour un futur musée, ou pour le travail d'historiens sur cette époque, je n'aurai pas complètement perdu mon temps.

Ainsi, je n'ai jamais imaginé conserver un Macintosh ou un PC, il y en a eu tellement en circulation. Mais j'ai eu entre les mains d'autres machines, bien plus rares, et qui sont des exemples de ce qui a été exploré en matière d'architecture. J'ignore s'il reste des exemplaires de la Pascaline, l'une des premières machines programmées en un code intermédiaire, le P-code, lui-même implémenté en « *firmware* » et originellement conçu comme langage intermédiaire pour compiler le langage Pascal. Il en va de même pour la SM-90, fille naturelle du projet SOL de l'INRIA⁵⁷ et du CNET, première tentative française pour réaliser une station de travail commerciale. Bien des équipements, cessant d'être utilisés, ont été réformés, mis au rebut et probablement détruits. Des années 80, il me reste fort peu de choses. Pour autant que j'ai pu le comprendre, mon employeur, l'État en l'occurrence, ne se préoccupait guère de préserver ces matériels pour la postérité.

De mon propre chef, j'ai gardé du tout début des années 90 un exemplaire de la station de travail Next, tentative (trop vite abandonnée) de Sony pour s'installer sur le marché des micro-ordinateurs avec une machine Unix. Il s'agit de la version portable du Next, un peu lourde quand même, qui était à l'époque un vrai bijou technologique, surtout si on le compare à ce qui était disponible dans le monde du PC, en matériel comme en logiciel. Et j'en ai également la documentation technique, et même une affiche publicitaire. Mais j'ignore si la machine est encore susceptible de fonctionner. Une imprimante à aiguilles, moins ancienne que cette machine, a fait beaucoup de fumée le jour où j'ai tenté de la remettre en marche.

Cependant, comme pour presque tous les matériels auxquels j'ai pu avoir accès, cette machine appartenait, et appartient toujours à mon employeur. Je suis resté dans la légalité en conservant ce matériel dans mon bureau. Il est bien évident qu'un tel mode de préservation a ses limites physiques. De plus, arrivé à la retraite, je dois trouver une solution conforme à la législation pour assurer la survie de ce matériel dans un contexte où les administrations semblent toujours aussi peu soucieuses de ces questions.

Ce simple exemple montre les limites de l'exercice de conservation par un individu :

⁵⁷ Le projet SOL concernait la réalisation d'une version d'UNIX en Pascal. Le projet lui-même n'a pas abouti, mais les retombées en furent importantes pour la maturation de l'informatique française.

- limites juridiques car, même fonctionnellement obsolètes, les objets pouvant justifier d'une conservation ne sont pas nécessairement légalement à la disposition de celui qui serait prêt à les prendre en charge, du moins en respectant les autres contraintes qui peuvent s'imposer à lui ;
- limites physiques imposées par l'espace dont il dispose, notamment de façon compatible avec d'autres obligations, légales notamment ;
- limites temporelles liées à l'évolution de la situation des individus, notamment la retraite, les déménagements ou le décès, tous susceptibles d'entraîner la perte ou l'élimination par manque d'espace légalement utilisable, ou manque d'intérêt des personnes héritant de ce « patrimoine » ;
- limites temporelles liées au vieillissement, à l'obsolescence physique ou logique des choses à préserver.

Un souci naturel est donc de trouver un relais institutionnel susceptible de prendre les choses en charge, dans la mesure où il est estimé qu'elles présentent un intérêt. On peut penser que nombre de ceux qui ont vécu les débuts de l'informatique sont dans cette situation, et que la création d'un tel relais devient nécessaire, au moins en ce qui concerne la conservation, même si la présentation au public est moins urgente.

Une mention spéciale doit sans doute être accordée aux périphériques susceptibles d'enregistrer l'information sur des supports amovibles : disquettes, bandes magnétiques variées, CDROM et DVD. J'ai aussi essayé de garder ceux de ces matériels que j'ai pu avoir à disposition, dans l'espoir trop souvent mais pas toujours vain de relire plus tard le contenu de supports retrouvés. Cette question sera reprise plus loin dans cette contribution. Il faut noter que, souvent, ces matériels deviennent difficiles à intégrer dans les ordinateurs actuels qui sont souvent bien plus petits. Peu d'utilisateurs veulent encore s'encombrer des anciennes *tours* qui abritaient nos machines et qui sont probablement vouées à la disparition. Cette disparition peut cependant être compensée par l'existence de boîtiers spécialisés destinés à loger ce type de périphériques, anciens ou modernes, boîtiers que l'on peut connecter aux prises USB des ordinateurs. Mon expérience avec ces équipements reste cependant limitée et avec des résultats mitigés. Faut-il tenter de préserver aussi quelques tours, pour des raisons fonctionnelles et non simplement comme témoins à présenter au public⁵⁸ ?

⁵⁸ Je dispose moi-même de plusieurs archives sur des supports magnétiques, archives que je ne peux relire et transférer sur des supports plus modernes faute de disposer des équipements de lectures correspondants. Ce sont principalement des grosses cartouches (type Sony QD-600A de capacité 60Mio) contenant des bandes magnétiques, souvent utilisées entre 1985 et 1995. Mon expérience personnelle avec les cartouches DAT, pour lesquelles j'ai un lecteur sur interface SCSI, montre que ces supports survivent assez longtemps. Il serait utile que le musée dispose de matériels pour lire ces supports anciens.

3. Les documents imprimés

Mon activité d'étudiant puis de chercheur, mes abonnements à diverses revues scientifiques, mes responsabilités universitaires et mes collaborations diverses m'ont mis entre les mains une grande quantité de documents. J'en ai gardé beaucoup, beaucoup trop. En outre je me suis intéressé à l'évolution de l'informatique, puis de l'Internet dans le grand public. Cela m'a amené à suivre beaucoup de publications destinées tant aux professionnels qu'au public amateur. J'ai également souvent gardé des numéros thématiques de la grande presse sur ces questions. À cela il faut ajouter une activité associative (logiciels libres) et une participation à divers comités et commissions officiels. Quarante ans de la vie d'un chercheur qui ne jette pas grand chose, cela fait beaucoup de papier, au moins en poids.

Au moment de prendre ma retraite, je dois faire un sort à cette masse de documents car il me faut libérer mon espace professionnel, sans pouvoir trop compter sur mon espace privé pour des raisons personnelles. Il me faut donc trier et choisir. Mais quels critères retenir. L'intérêt personnel de certains souvenirs est un facteur, mais qui a ses limites. J'essaie donc de comprendre quels documents peuvent faire une différence dans le futur, et je n'ai ni expérience ni conseils professionnels pour me guider.

3.1. Les collections de revues scientifiques

Répugnant à jeter ma collection de revues scientifiques que je ne pouvais garder, j'en fis cadeau à un universitaire pour meubler une salle de travail. Cadeau peut-être empoisonné à terme, car notre patrimoine de publications est maintenant accessible sur le réseau, et je pense qu'il le sera librement et gratuitement d'ici quelques années. À ma surprise, ce qui me semblait avoir le plus de valeur dans les archives que j'avais thésaurisées est sans doute ce qui, aujourd'hui, présente le moins d'intérêt. Cela a alimenté ma réflexion sur l'intérêt de ces divers documents. Les plus intéressants sont d'abord ceux qui sont le moins susceptibles d'avoir été conservés par d'autres personnes, ceux qui sont le moins susceptibles d'être aujourd'hui numérisés sur l'Internet. Mais je n'ai pas le temps de vérifier ce qui est ou n'est pas sur l'Internet. Du point de vue d'un musée de l'informatique, il serait sans doute bon de garder quelques collections de revues, en guise de comparaison avec les futurs (voire actuels) modes de travail numériques.

3.2. Documents non-scientifiques

Fort heureusement, mes activités publiques concernant l'Internet, les logiciels libres et la propriété intellectuelle m'avaient permis d'établir de nombreux contacts, et j'ai eu la chance de rencontrer de jeunes historiens de l'Institut des Sciences de la Communication du CNRS que ma documentation intéressait, en particulier ma documentation professionnelle et grand public. En effet, ils étudient l'émergence de ces technologies dans la société, et non à l'histoire des sciences. Petit à petit, je leur

remets des cartons de revues variées, préservés pour certaines depuis les années 70 : Byte Magazine, Dr. Dobb's journal of computer calisthenics & orthodontia, La Puce Informatique, Microsystèmes, l'Ordinateur Individuel, 01 informatique, pour nommer quelques unes des plus anciennes. À cela s'ajoute des numéros épars, échantillons de la multitude de publications sur l'informatique et l'Internet apparues au tournant du siècle, ainsi que quelques unes des nombreuses publications concernant les logiciels libres.

À titre anecdotique, j'ai fourni une documentation biaisée contre moi-même. Désireux de garder en souvenir des revues auxquelles j'avais collaboré, je les ai retirées de ces collections, rendant ainsi invisible ma propre contribution. Cela n'est guère important, mais montre avec quelle facilité des raisons futiles peuvent biaiser une information. Peut-être ferais-je mieux de ne garder que des copies numériques, mais ma génération a encore le culte du mot imprimé.

À ces publications, j'ai ajouté quelques documents concernant divers travaux sur l'émergence de l'Internet et les problèmes éthiques, économiques et politiques qui commençaient à être identifiés, et aussi une autre source d'information plus inattendue : les catalogues de revendeurs de matériel ou de logiciel. Ces catalogues donnent une information assez précise sur les technologies en cours, et sur les prix pratiqués. L'une de mes propres motivations quand je suis passé des stations Unix de SUN à des PC Linux, vers 1996, était le prix très inférieur du PC Linux pour un confort de travail parfois supérieur à celui des stations Sun : je gérais le budget d'une équipe de recherche. Les catalogues me semblent des documents importants pour éclairer un panorama technologique. C'est probablement tout aussi vrai des catalogues grand public dans d'autres secteurs. Cependant, l'un des problèmes de ces documents – comme d'ailleurs de bien d'autres – est qu'ils manquent souvent de repères, et notamment de dates. Cela peut cependant être trouvé indirectement, parfois dans les pages même du catalogue, ou par comparaison avec les publicités paraissant dans certaines revues. En outre, certaines revues des années 90, comme PC Direct, PC Achat ou Micro Achat, à l'instar de l'américain Computer Shopper, étaient elles-mêmes plus des catalogues de produits que des publications rédactionnelles.

Si le musée de l'informatique doit avoir une composante numérique sur l'Internet, ce qui ne semble incontournable, mettre en ligne des catalogues de diverses époques devrait pouvoir illustrer de façon originale le vécu technologique de ces époques.

3.3. Actes de colloques et revues semi-formelles

En informatique en particulier, nombre de résultats scientifiques sont publiés dans des conférences et colloques. Dans certains cas, la pérennité des actes de colloques est assurée par des associations professionnelles. C'est par exemple le cas des colloques de l'ACM. Parfois elle semble pouvoir l'être par les institutions scientifiques qui ont organisé la réunion. Il n'en reste pas moins qu'un grand nombre de ces écrits semblent condamnés à tomber dans l'oubli, ou du moins à devenir inaccessibles. restant sous forme imprimée dans des cartons ou des étagères

reculées. C'est aussi le cas des travaux de divers groupes de travail, ou de publications périodiques spécialisées plus ou moins formelles. Je pense par exemple au bulletin du groupe Pascal, vers 1980, ou à diverses publications de l'Afcet.

Ces publications ne présentent souvent pas un intérêt scientifique majeur. Mais elles sont les témoins de ce qui fait le terreau technologique de l'époque concernée, des questions que les gens se posaient, des problèmes pratiques qu'ils rencontraient et de l'organisation des rapports humains.

Possédant moi-même un certain nombre de ces documents, je me demande si quiconque prendra la peine d'assurer au moins partiellement une certaine pérennité à cette littérature. Je réalise que la masse d'information, d'intérêt limité, est considérable et on peut se demander qui voudrait l'exploiter. Mais je crois qu'il ne faut pas non plus sous-estimer nos capacités futures de traitement automatique de l'information. En fait, et j'y reviendrai, cette apparente masse de documents est probablement ridiculement petite.

N'ayant pas les moyens de garder ces documents, mon choix est de les passer au scanner et de les conserver sous forme d'image numérique. Je me heurte cependant à plusieurs problèmes.

Pour des raisons pratiques, le passage au scanner est destructif : je coupe les reliures au massicot pour pouvoir me servir de l'alimentation automatique. Ce n'est pas trop grave dans la mesure où, faute d'accueil, les versions papier de ces documents sont de toutes façons condamnées.

Sur le plan légal, la reproduction numérique de ces documents est permise dans le cadre de la copie privée. Cependant, la loi précise qu'une telle reproduction ne peut se faire que pour l'usage privé du copiste, ce qui à l'évidence n'est pas le cas. Mon souhait est de transmettre ces copies à une structure qui les rendra publiques, ou de les rendre publiques moi-même. Or la loi ne prévoit rien qui autorise cela.

On pourrait penser que l'opinion de la loi est de peu d'importance. Il est peu vraisemblable qu'un auteur s'oppose à la publication de ces articles. Quand bien même aurait-il publié quelque bêtise dans un tel article, il se gardera sans doute d'attirer l'attention sur la chose.

Le vrai risque juridique, ce sont les éditeurs qui, comme à leur habitude, veulent casser tout ce qui pourrait vaguement être susceptible de leur faire concurrence. Ils n'ont généralement aucun droit sur ces documents qu'ils n'ont pas publiés, mais il peuvent jouer sur d'autres cordes. La plus dangereuse est une loi votée à l'unanimité du parlement en février 2012, loi qui attribue collectivement aux éditeurs les droits sur tous les livres publiés commercialement au XX^{ème} siècle dans la mesure où les auteurs ne se manifestent pas. Théoriquement destinée à assurer la disponibilité numérique des livres indisponibles du XX^{ème} siècle en relançant leur exploitation, cette loi semble surtout avoir pour objectif de permettre aux éditeurs de dépouiller les auteurs et de rançonner les bibliothèques. Or, même s'ils n'ont plus aucune valeur marchande, certains de ces documents ont été diffusés commercialement et tombent donc dans le champ d'application de cette loi.

L'hypocrisie de cette loi est aussi manifeste en ce qu'elle ne prévoit absolument rien pour permettre de pérenniser la disponibilité numérique de documents qui n'ont pas fait l'objet originellement d'une diffusion commerciale, dont en particulier les actes de colloques et groupes de travail, ou la littérature scientifique grise en général⁵⁹. Ce n'est aucunement un oubli du législateur, car des amendements destinés à réparer ces lacunes ont été rejetés lors des débats. Il reste bien sûr la possibilité de diffuser hors de tout cadre légal, mais une structure institutionnelle peut difficilement se le permettre et une personne privée ne peut en prendre le risque qu'à petite dose.

3.4. Autres documents : rapports techniques, manuels, mémos, etc.

Mes archives comprennent bien d'autres types de documents. J'ai choisi, pour des raisons évidentes, de ne rien garder de ce qui pouvait me rester en raison de ma participation à des jurys ou autres instances, concernant des personnes tierces. Je ne garde pas non plus de documents liés à ma participation à diverses instances de gestion de la vie de la recherche. Mon point de vue, peut-être naïf, est que la préservation de ces documents relève de la mission des institutions qui les produisent.

Pour ce qui est de mes collaborations scientifiques et de ma participation à divers projets, il me reste une masse énorme de documents. Il m'est matériellement impossible de les préserver, même numériquement, et je ne suis pas sûr que, pour la plupart, ils en valent la peine. Ma politique est donc, sur des critères probablement aussi aléatoires que subjectifs, de choisir pour chaque projet ou collaboration quelques documents qui donnent une idée de ce dont il s'agit et qui sont susceptibles de montrer l'état technologique (parfois désastreux) de ces actions. Ces documents sont scannés puis jetés. Bien entendu je scanne tous les rapports dont le contenu me semble particulièrement intéressant.

Plus généralement, mes archives contiennent un grand nombre de rapports d'origines diverses, qui ont pu être pertinents pour mon travail. Je scanne ceux qui me semble avoir eu un intérêt particulier, qui n'ont pas été publiés officiellement à ma connaissance, et ne sont pas déjà publiquement disponibles sur l'Internet, ce qui n'est pas toujours facile à vérifier. J'ai par exemple préservé des documents de l'équipe de Jean Ichbiah à la CII dont la contribution est historiquement intéressante. J'ignore si ces documents sont disponibles ailleurs. Typiquement, tous les rapports du laboratoire d'Intelligence Artificielle du MIT sont sur l'Internet. Mais j'ai constaté qu'il leur manque parfois des pages. Les rapports du département d'informatique de Harvard n'y sont pas, mais on peut espérer qu'ils y seront un jour. Par contre, rien ne dit que quiconque préservera certains rapports intéressants publiés par des entreprises et autres structures privées. En clair, il semble très difficile d'avoir une

⁵⁹ Cette étrange loi (Parlement 2012) était censée contrer la supposée mainmise internationale de Google sur la culture. Il semble qu'elle ait le résultat inverse. J'en ai fait une brève analyse du point de vue de la littérature universitaire (Lang, 2012).

politique très structurée et raisonnée, surtout quand le temps et les moyens sont limités. Mais les professionnels ont peut-être un autre point de vue sur la question.

Par contre j'élimine quasi systématiquement toutes les photocopies d'articles publiés, ces publications étant pour la plupart disponible numériquement ou, au pire, sous forme imprimée dans des bibliothèques. Ces documents autrefois aussi précieux que mes revues ont, comme elles, perdu tout intérêt du point de vue de la conservation. Elle est déjà assurée, même si l'accès n'est pas encore libre.

La dernière catégorie, en excluant les documents qui relèvent plus du souvenir personnel, concerne les manuels divers et variés. Quelques uns correspondent à des équipements que j'ai gardés, et j'en conserve bien sûr une copie, voire l'original. J'en scanne quelques autres, car j'ai l'impression que la lecture des manuels en dit beaucoup sur la façon dont nous travaillons avec nos équipements, et sur les problèmes pratiques que nous rencontrons. Il faut cependant noter qu'il existe sur l'Internet des sites spécialisés dans l'archivage des manuels, mais le contrôle, l'accessibilité et la pérennité de ces sites et de leurs contenus restent incertains. Par ailleurs de plus en plus de constructeurs ont une politique très organisée de disponibilité d'une documentation numérisée. Mais, très souvent, cela ne concerne pas les vieux matériels. N'oublions pas que les manuels et guides d'utilisation sont distribués comme des accessoires des équipements et ne sont pas soumis au dépôt légal⁶⁰.

Je scanne aussi divers manuels correspondants à des logiciels, notamment à des langages de programmation dont chaque constructeur de machine, voire chaque laboratoire de recherche, avait sa version. Ce genre de diversité me semble beaucoup moins fréquent aujourd'hui.

3.5. ... et les archives de mes collègues

Le hasard veut que près de mon bureau se trouvent plusieurs armoires où des collègues ont abandonné leur propres archives et une quantité substantielle d'équipements, principalement des câbles, des prises et des bandes magnétiques variées. Mes moyens m'interdisent de m'y intéresser, et tout cela semble manifestement condamné à la benne.

L'une de ces armoires, cependant, contient plusieurs étagères de Data Books. Je n'en ai jamais utilisé personnellement. Ce sont des livres qui décrivent avec précisions les propriétés physiques et le comportement électronique de milliers de composants utilisés pour construire divers matériels. Ils sont imprimés et diffusés par les fabricants de ces composants et sont intéressants à deux titres : ils décrivent avec une grande précision l'état de la technologie et les briques dont disposaient les concepteurs de matériels et ils pourraient sans doute se révéler très utiles pour éventuellement tenter de réparer certains matériels. Peut-être pourraient-ils aussi servir à identifier des composants dont on aura oublié la fonction, comme dans cette

⁶⁰ C'est en fait le même problème que celui des Data Books, discuté dans la section suivante.

salle du Smithsonian qui présente à la sagacité des visiteurs toute une collection d'objets dont plus personne ne sait à quoi ils ont pu servir.

Tous ces livres ont une particularité commune : il n'ont pas de numéro ISBN, ne sont pas diffusés par des éditeurs et ne sont apparemment pas soumis au dépôt légal. Ils sont probablement aussi totalement absents de nos bibliothèques. On peut donc légitimement se demander s'il ne serait pas important de prévoir, très rapidement, une solution pour préserver cette ressource d'une complète disparition.

4. Archives analogiques sur support magnétique

Une petite partie de mes archives concerne des enregistrements audio ou audiovisuels sur des bandes magnétiques. Leur transcription sur support numérique dans un format standardisé plus pérenne se révèle aujourd'hui difficile faute d'accès à des lecteurs et des outils de transcodages appropriés. Tous les magnétoscopes à ma disposition ont rendu l'âme pour une raison ou une autre, un condensateur claqué pour l'un d'eux. J'ai trouvé un nouveau magnétoscope, d'ailleurs excellent, dans la décharge électronique de ma commune. Malheureusement il semble ne pas bien communiquer avec mon matériel de numérisation pour des raisons qui me dépassent. J'aurais sans doute dû effectuer plus tôt ce travail de numérisation, d'autant que les enregistrements magnétiques analogiques ne s'améliorent pas avec le temps, mais je ne disposais pas jusqu'à récemment de matériel de transcodage de l'analogique vers le numérique.

La disponibilité du matériel adéquat pour effectuer des tâches souvent simples est un problème récurrent. Il m'est arrivé de m'enquérir d'une solution auprès de professionnels, mais j'ai toujours eu le sentiment qu'ils ne s'intéressaient qu'à des solutions haut-de-gamme, coûteuses, dont la qualité dépassait largement mon besoin réel.

Par ailleurs, ces enregistrements concernent généralement des conférences données par divers orateurs, et dont l'usage nécessite en principe l'accord explicite des conférenciers, voire des organisateurs de la conférence. Je dis en principe, car la plupart de ces conférenciers sont proches de la mouvance du logiciel et des ressources libres et ne verraient sans doute pas d'objection à ce que ce matériel soit utilisé. Il ne faut cependant jamais oublier que, tôt ou tard, ce sont les héritiers, souvent moins conciliants, qui sont en position de décider et qu'il vaut mieux obtenir une autorisation écrite des orateurs eux-mêmes, si l'on pense que le matériel en vaut la peine.

5. Archives numériques

La situation est très différente en ce qui concerne les archives numériques. Historiquement elles furent difficiles à gérer et à préserver. Mais aujourd'hui, toutes les contraintes disparaissent ou presque, sinon l'obligation de les organiser et de les comprendre pour pouvoir les exploiter. Mais j'ai le temps, car je n'ai pas de

problème de stockage. Le disque de 3 To que j'ai récemment acquis est capable de stocker la totalité des informations que j'ai pu accéder au cours de ma carrière, en y incluant même toutes les installations de systèmes d'exploitation que j'ai eu sur mes différentes machines. Cela est dû à la croissance exponentielle de nos outils de stockage, alors que notre capacité à traiter des documents ne change pas significativement. Par ailleurs, l'exploitation d'archives numériques ne se fait pas manuellement. On peut espérer avoir pour cela une assistance numérique qui sera de plus en plus sophistiquée.

Je pars donc du principe que le traitement de ce qui est numérisé ne présente aucun caractère d'urgence. Je compte m'y atteler à loisir, en trouvant ou en développant des outils pour m'assister. Je considère aussi que la numérisation d'un document imprimé résout le problème de sa pérennisation, au moins pour le moment, même si je ne dispose pas de bons outils de reconnaissance optique (OCR). Ceci dit, j'ignore malheureusement quelle qualité de numérisation je devrais m'imposer pour garantir à terme une reconnaissance optique satisfaisante des documents imprimés puis scannés. Je fais l'hypothèse, peut-être trop optimiste, que ce que je peux lire moi-même sur l'écran pourra tôt ou tard être lu par une machine.

Il est toutefois nécessaire de revenir plus en détails sur les problèmes posés par la préservation des ressources et documents numériques, documents textuels ou images, données, ou code source de logiciels

5.1. *Le passé*

La préservation des ressources numérique a longtemps été difficile : *coût* et *limitation en taille* des supports, notamment des supports amovibles destinés à une conservation à long terme, *fiabilité* de ces supports, *obsolescence physique* par disparition des appareils de lecture ou variation des standards, *obsolescence logique* par disparition des logiciels capables d'interpréter les données, par exemple en ce qui concerne les présentations graphiques réalisées avec des logiciels spécifiques, *absence de standardisation et de portabilité* entre les systèmes, parfois pour des ressources aussi simples que des documents textuels. Il suffit de feuilleter l'encyclopédie des formats graphiques publiée par O'Reilly pour avoir une idée de quelques aspects de cette jungle technologique (Murray et vanPiper, 1996). Le même foisonnement à évolution rapide existait pour les langages de programmation, voire pour les modèles de machines.

Dès le début de ma carrière j'ai tenté, tant bien que mal, de préserver mes ressources numériques. Au début il s'agissait principalement de logiciels puis d'articles écrits en Troff ou en TEX, les illustrations étant réalisées séparément avec d'autres logiciels, éventuellement sur d'autres machines, et souvent intégrées au texte avec colle et ciseaux. De mémoire, ce n'est qu'au début des années 90 que les articles illustrés ont été réalisés intégralement par des moyens numériques. Cela a bien sûr fortement limité la création d'archives numériques, et elles ne prenaient guère de place.

Une autre source d'archives numériques, en croissance lente à cette époque, était le courrier électronique, apparu à l'INRIA vers 1979 avec les machines Multics. Pour moi, l'explosion de l'information numérique est venue avec l'Internet, surtout quand j'ai voulu préserver des informations dont l'accès était souvent éphémère, comme c'était le cas pour les news de USENET, en dépit du travail considérable de rédaction des FAQ.

Malheureusement, les sauvegardes individuelles se faisaient souvent sur des disquettes, bien petites pour la tâche, sans que l'on ait réellement intégré le fait que leur durée de vie était très limitée. Cette erreur s'est d'ailleurs perpétuée jusqu'à la fin du siècle.

Cherchant un meilleur médium en taille et en fiabilité, j'ai choisi de stocker mes archives sur des disques magnéto-optiques. Bien que assez coûteux, ils offraient des capacités de plusieurs centaines de méga-octets, contre 1,44Mo pour une disquette. En outre cette technologie était censée être très fiable. Elle ne le fut pas pour moi, et j'ai perdu une grande quantité d'archives sur des disques magnéto-optiques que je possède toujours, mais n'ai pas pu relire, avec le lecteur dont je dispose. J'ai également un nombre considérable de disquettes qui sont essentiellement illisibles, du moins par un lecteur standard.

Peut-être aurais-je du choisir un autre médium. Un lecteur de bandes en cassette DAT (Digital Audio Tape) que j'ai conservé est toujours capable de lire des bandes qui ont près de vingt ans. Peut-être est-il possible de relire les disques et disquettes que je possède, mais le contenu justifie-t-il l'effort ? C'est parfois le cas, et c'est faisable. Ce fut fait encore récemment pour récupérer sur de vieilles disquettes le code source d'un grand classique du jeu vidéo, *Prince of Persia* (Mechner 2012). Existe-t-il des ateliers ouverts permettant d'effectuer ce genre de récupération ?

5.2. La période moderne

La période moderne est celle qui voit à la fois se multiplier les informations numériques candidates éventuelles à une conservation et les moyens raisonnables d'assurer cette conservation. Cette période commence vers 1993-1995 avec le développement des micro-ordinateurs privés et des logiciels shareware, avec le rôle croissant de l'Internet grand public, et avec la popularisation du CD puis du DVD comme moyen de diffusion à haute capacité. Cette limite est bien sûr un peu arbitraire.

5.2.1. Les premières diffusions par CDROM

Je mentionne le shareware parce que cela me semble, sociologiquement et économiquement, être une étape importante dans le développement de la culture informatique et l'expression d'un certain foisonnement culturel. Diffusés principalement sur disquettes, beaucoup de ces logiciels devraient être aujourd'hui essentiellement perdus. Cependant un chercheur, Nicolas Kelemen, avait choisi de casser le marché lucratif des intermédiaires en publiant massivement les shareware,

freeware et logiciels libres sur des CDROM diffusés par sa société, DP Tool Club, à une époque où le public n'avait encore que peu accès à l'Internet (Lapetina 2010). D'autres éditeurs, comme Walnut Creek CDROM, Pacific HiTech, InfoMagic ou Prime Time Freeware, aux États-Unis notamment, publiaient sur CDROM les grandes archives de l'Internet et diverses distributions de Linux ou des Unix BSD.

Bien que disposant à l'époque d'un excellent accès à l'Internet, je fis l'acquisition de nombreux CDROM de ces sociétés, essentiellement à des fins de conservation. Je les ai toujours, ainsi que nombre de catalogues. Je fis aussi l'acquisition des premières distributions de Linux sur CD. J'ignore quelle est la durée de vie de ces CDROM, mais il me paraît important de préserver cette photographie de l'informatique à l'aube de l'Internet. A mon grand regret, les CD de DP Tool Club contiennent rarement les sources des logiciels. On peut cependant espérer que la technologie actuelle des émulateurs et des machines virtuelles permettra de faire fonctionner ces codes exécutables sans trop de problèmes. C'est en tous cas un challenge intéressant de conservation.

5.2.2. *L'archivage de l'Internet*

Archiver l'Internet fut sans doute un rêve assez répandu. Ce fut aussi le mien, mais de façon plus modeste et réalisable. J'avais constaté que l'Internet, dont je me servais de plus en plus, était en fait assez instable et que les documents auxquels je pouvais vouloir faire référence disparaissaient parfois, sans doute plus souvent qu'aujourd'hui. L'idée m'est donc venue d'archiver « *mon Internet* », c'est-à-dire la partie de l'Internet que je traversais personnellement au hasard de mes recherches. Il suffisait pour cela d'être connecté au travers d'un filtre qui enregistrerait automatiquement dans un cache sans fond, implémenté avec le proxy personnel V6 programmé par mon collègue François Rouaix (Lang et Rouaix 1996). En fait le cache était vidé sur un CDROM dès qu'il approchait 650 Mio, c'est-à-dire la capacité approximative du CDROM. J'ai continué pendant environ 10 ans.

Cela paraissait fou. Et pourtant le nombre de CDROM crût assez lentement. Il finit par atteindre un CDROM par mois. Mais un CDROM par mois, cela fait au bout de 10 ans deux DVD par an. Nous avons atteint le point où la croissance de nos moyens de stockage excède celle de nos besoins, du moins à titre individuel et en faisant encore l'impasse sur l'audiovisuel.

Je ne suis pas resté aussi systématique, faute d'entretenir suffisamment le logiciel que j'utilisais dans un contexte de standards en évolution permanente. Mais à ce jour, la totalité de ce que j'ai sauvegardé, avec énormément de doublons, en y incluant tout ce que j'ai accédé même sans le lire ainsi que l'intégralité de mon courriel (SPAM et virus inclus) et diverses sauvegardes, représente environ 170 CDROM et une douzaine de DVD, soit moins de 200 Gio. C'est cela qui m'a fait dire précédemment que, si l'on fait abstraction des images et surtout de l'audiovisuel, les problèmes de stockage n'existent plus pour un individu.

Une question me souciait cependant pendant ces années. Mes CD et DVD allaient-ils tenir le coup. Quand faudrait-il en graver de nouveaux pour rafraîchir

l'information. Je choisis de tout graver en double, sur des CD ou DVD de marques différentes que je stockais bien à l'abri, notamment de la lumière, en des endroits différents. Ai-je eu de la chance ? Il semble que, après 17 ans, tous mes supports sont restés lisibles. Je suis actuellement en train d'en faire la sauvegarde sur disque dur, et je ne rencontre aucun problème. La question de l'utilité et de l'usage de cette information reste le problème à traiter.

Ceci dit, ce souci de la dégradation m'a amené à regretter que, en dépit de l'omniprésence de ce problème, la question de la mesure continue de la dégradation des supports semble totalement ignorée par les professionnels. Les CD et DVD, par exemple, assurent leur longévité par l'utilisation de codes correcteurs d'erreurs. Je me suis toujours étonné de ce que nos lecteurs de DVD ne soient pas capables de nous dire s'ils rencontrent beaucoup d'erreurs à corriger, voire s'ils rencontrent des cas où ils sont à la limite de ne plus pouvoir le faire, nous prévenant ainsi de la nécessité de renouveler nos supports. Au bout de quelques années, j'ai commencé à développer des outils pour stocker des signatures MD5 de mes fichiers sur le même support que les fichiers pour pouvoir détecter, même sans comparaison avec l'original, si leur contenu se dégradait. Mais cela devrait être géré à un autre niveau.

La préservation des archives et des données numériques est un problème universel du monde numérique. Il est donc à peine croyable que le contrôle automatique de la dégradation des supports ne soit pas un des fondements du stockage de l'information numérique et j'ai bien du mal à croire que l'indifférence en est la seule raison. Le refus de reconnaître l'obsolescence pourrait-il être une conséquence du refus de reconnaître le caractère fondamental et le rôle essentiel de la copie ? Il est aussi vrai qu'une mesure facile des défauts et du vieillissement permettrait aux usagers de mieux mesurer la qualité des supports et des équipements qui leur sont vendus.

5.3. Problèmes juridiques

À la différence des archives imprimées, les archives numériques permettent de manipuler facilement des quantités énormes de documents, sans même connaître leur nature. Il est plus que probable que les miennes contiennent un grand nombre de documents qui ne sont pas censés être retransmis, mais qui ont été archivés en tant qu'outils de travail. Il y a sans doute des copies de sauvegardes de logiciels, quelques jeux aussi sans doute, dont la duplication est limitée, et dont j'ai depuis oublié l'existence. Il y a probablement des documents que je n'ai jamais vus, car ils y ont été ajoutés mécaniquement, par exemple par un navigateur ou un autre logiciel faisant du téléchargement prédictif.

À supposer que mes archives puissent présenter un intérêt, même très limité, comment puis-je les transmettre sans contrevenir à la législation sur le droit d'auteur, sachant que les trier préalablement reste, à l'heure actuelle un travail considérable. En outre un tel tri changerait la composition de l'archive, composition qui pourrait être en elle-même un témoignage.

Par ailleurs, à supposer même que ces archives contiennent des logiciels, ce sont probablement des versions obsolètes, voire des applications obsolètes. Ces copies n'ont probablement d'autre valeur que celle de témoins technologiques. Mais la loi ne prévoit rien pour cela et ces logiciels ont probablement un bon siècle de « protection » devant eux pour leur garantir l'oubli absolu. À moins que le législateur ne résolve ce problème comme il a résolu celui des livres orphelins : en rançonnant les musées (Lang 2012).

Ces exemples sont triviaux. Il y en a probablement d'autres. Je crains que l'évolution du droit d'auteur dans le monde numérique, toute entière tournée vers la protection de modèles obsolètes des industries culturelles, n'ignore la protection de la culture elle-même. On en a bien d'autres exemples (Sibony et Smets 2000).

6. Conclusion

Je suis convaincu qu'un musée de l'informatique et de la société numérique doit avoir une double existence physique et numérique sur l'Internet. Il me semble aussi incontournable qu'il se fasse, pour une part significative, avec les contributions de ceux qui ont participé à l'évolution de cette science et de cette société et qui seront nécessairement des amateurs en matière muséale. Beaucoup l'auront sans doute encore moins planifié que je n'ai pu le faire moi-même, mais tous, comme moi-même, ont besoin de conseil pour préserver les ressources dont il peuvent disposer, dans leur intérêt immédiat comme dans l'intérêt futur de tous ceux qui pourraient être concernés. Je crois important que les professionnels mettent à la disposition des amateurs, de tout le monde en fait, des informations leur permettant de mieux préserver leur patrimoine de culture et de connaissance, voire des matériels rares qui pourraient être à leur disposition.

Il est aussi très important de créer une structure visible, susceptible de recueillir les contributions éventuelles, afin d'éviter la destruction des ressources par ceux qui ne savent plus qu'en faire. Il serait utile que cette structure puisse aussi offrir des solutions techniques pour aider la récupération d'information sur des supports techniques devenus obsolètes.

Enfin il est manifeste que le droit d'auteur que nous avons hérité de l'âge de l'imprimerie est totalement inadapté à l'univers numérique dans lequel nous allons vivre. Après bien d'autres exemples qui font débat depuis près de quinze ans, les problèmes posés par la préservation de notre histoire et de notre patrimoine numériques en sont un nouveau témoignage. Par ailleurs, si les textes prévoient parfois des exceptions pour les institutions de conservations, cela est insuffisant. C'est l'intention et la destination des initiatives qui compte et non les structures ou les personnes qui les prennent. Réserver le droit de conservation aux institutions officielles, c'est s'interdire de sauver une bonne part de notre histoire et de notre patrimoine. On a pu écrire que « *l'histoire du cinéma ressemble malheureusement à une gigantesque rubrique nécrologique* » et que « *les collections de films se sont [...] faites assez souvent contre le système des grands producteurs et distributeurs* » (Rolland 1997-2012), souvent par des collectionneurs privés comme Henri Langlois.

Certains films n'ont survécu que parce que des projectionnistes les avaient illégalement conservés au lieu de les détruire (Le Monde, 2011). Est-il bien nécessaire de répéter nos erreurs passées ?

Bibliographie

- Lang B. et Rouaix F. (1996). *The V6 Engine. WWW5 workshop Programming the Web - in search for APIs*. Paris, <http://www.datcha.net/Papers/v6/>
- Lang B. (2012). *Numérisation des livres du XX^{ème} s. – Culture indisponible*. Vie de la Recherche Scientifique, n° 388, p. 8, <http://www.snscs.fr/IMG/pdf/VRS388.pdf>
- Lapetina D. (2010). *In memoriam : DP Tool Club*, <http://www.onirik.net/In-memoriam-DP-Tool-Club>
- Le Monde (2011). Un film de jeunesse d'Alfred Hitchcock découvert en Nouvelle-Zélande, *Le Monde*, 4 août 2011, http://www.lemonde.fr/cinema/article/2011/08/04/un-film-de-jeunesse-d-alfred-hitchcock-decouvert-en-nouvelle-zelande_1555993_3476.html
- Murray J.D. et vanRyper W. (1996). *Encyclopedia of Graphics File Formats, 2nd Edition*, Ed. O'Reilly, Sebastopol (CA) U.S.A.
- Mechner J. (2012), *Raiders of the Lost Archives* et *Prince of Persia Source Code — Posted!*, BLOG, <http://jordanmechner.com/blog/2012/04/textfiles/> et <http://jordanmechner.com/blog/2012/04/source/>
- Parlement français (2012). *LOI n° 2012-287 du 1er mars 2012 relative à l'exploitation numérique des livres indisponibles du XX^{ème} siècle*, <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000025422700&categorieLien=id>
- Rolland F. (1997-2012). *La Conservation et la collection des films*, <http://batfredland.free.fr/Conservation.htm>
- Sibony A.-L. et Smets J.-P. (2000). Le droit et la mémoire à l'ère numérique, *Le Monde*, 14 septembre 2000.

Biographie

Bernard Lang est un ancien Directeur de Recherche de l'INRIA, aujourd'hui en retraite. Il a exercé des responsabilités dans diverses organisations scientifiques, et aussi dans diverses structures associatives (notamment l'ISOC-France, l'AFUL et la FFII-France) liées aux aspect technico-sociétaux de l'Internet et à la promotion des logiciels libres et des ressources éducatives et culturelles libres, y compris l'accès libre à la littérature scientifique. Il est depuis 2007 membre titulaire du Conseil Supérieur de la Propriété Littéraire et Artistique, au ministère de la Culture.

Un musée de l'informatique à Grenoble :

Quelle approche ?

François PECCOUD

francois.peccoud@gmail.com

Créer un musée en 2013 ou 2014, que ce soit un musée de l'informatique ou d'autre chose, est un défi financier pour deux raisons :

- Dans un contexte pluriannuel de restrictions budgétaires, un tel musée ne sera pas une priorité d'investissement des collectivités territoriales.
- Les projets de musée fleurissent aujourd'hui ⁽⁶¹⁾

Essayons donc de répondre à la question posée dans le titre de cet exposé par une approche dont la priorité serait d'inventer une forme de musée qui soit d'abord équilibrée financièrement à défaut d'être rentable. La tentative n'est pas assurée de réussir, mais commencer à esquisser cette approche peut être un stimulant méthodologique pour en susciter une autre plus convaincante qui sera mise au point en catalysant les énergies créatrices de tous ceux qui s'intéressent au projet. Notre présentation n'a pas d'autre ambition que celle- là.

Notre perspective peut s'exprimer autrement : créer un musée de l'informatique ne peut pas être d'organiser un conservatoire des ressources informatiques disponibles chez ACONIT, ce qui reviendrait à installer essentiellement un centre de coûts insupportable.

Il faudrait bien plutôt **créer une sorte de start-up** qui fournisse au grand public un service lui permettant de satisfaire d'une manière originale certaines de ses attentes dans le domaine de l'informatique auxquelles il ne trouve pas de solution.

⁶¹ « Une frénésie de musées s'est emparée des régions : Les ouvertures et les projets se succèdent avec des espoirs de retombées économiques et des risques ». Martine ROBERT Les Echos le 27/04/2012

Nous envisageons donc d'imaginer un service,

- **Payant,**
- **S'adressant à un large public francophone** (peut être ultérieurement international)
- **À un public fidélisé** → pour générer du chiffre d'affaire récurrent, savoir lui proposer un service qui puisse se renouveler à distance
- **À un public large** → tout le monde de 10 à 70 ans
- **Ayant une attente forte** → répondre par ce service original à une demande profonde de la population vis-à-vis de l'informatique,
- **Attente non satisfaite par des offres concurrentes comparables.**

Quels besoins SOLVABLES du visiteur à satisfaire ?

Lui faire gagner du temps et de la sérénité quant à :

- sa situation professionnelle remise sans cesse en cause par de nouveaux outils informatiques,
ou
- la sécurisation des ressources informatiques dont il a l'usage,
ou
- la construction d'une méthode pour progresser dans ses usages personnels de l'informatique, à travers l'immense champ anxiogène des outils informatiques disponibles sur le marché,
ou
- l'obtention d'une compétence personnelle ou professionnelle en informatique par une formation à distance dont le cahier des charges sera établi au cours d'un entretien personnalisé,
ou
- des conseils pour organiser des parcours sécurisés et intéressants sur le Web pour ses enfants.
- Etc.....
Bref, offrir un accueil personnalisé dans

« UN MUSÉE POUR ÉCLAIRER SA ROUTE DANS LA JUNGLE INFORMATIQUE »

(Un musée pour éclairer l'avenir plutôt que pour mettre en valeur le passé ; pourquoi pas ?)

On pourrait penser la création de ce musée en plusieurs étapes :

- **D'abord un musée sans murs** sous forme d'un réseau social. Il serait articulé autour d'un fond documentaire permettant de construire des réponses très structurées à des demandes d'information personnalisées. L'accès à ce fond se ferait par l'établissement préalable d'un profil du visiteur qui permette de typer sa recherche de manière à ensuite lui construire un parcours personnalisé dans le fond documentaire. Pour cela il faut :
 - Structurer le fond documentaire
 - Créer le pool des rédacteurs du fond qui seraient des bénévoles ou des étudiants en projet selon un processus de « crowdsourcing »⁽⁶²⁾
 - Mettre au point l'automate pour construire les parcours personnalisés en réponse aux questions reçues.
 - Référencer efficacement le site du musée sans mur et inscrire son accès comme une application sur « App Stor » et « Google Store ».

Chaque demande pour un cursus d'accès au fond documentaire donnerait lieu à un paiement en ligne de type Paypal pour une somme modeste inférieure à 10 €. On parle d'un cursus dans la mesure où l'utilisateur aura sans doute besoin de plusieurs sessions en ligne pour prendre connaissance de l'ensemble des contenus qui lui sont recommandés pour répondre à sa question. On ne facturerait pas chaque session mais la réponse ciblée en plusieurs sessions.
- **Développer le trafic et la notoriété du musée sans murs** pendant un à deux ans.
- Une fois cette notoriété suffisante **lancer une opération de « crowdfunding »**⁽⁶³⁾ ⁽⁶⁴⁾ permettant de collationner des fonds destinés à construire le musée avec murs à Grenoble.
- **Créer dans les murs du musée un « service plus »** pour lequel le regroupement physique avec d'autres personnes apporterait un supplément de qualité par rapport au service apporté sur le réseau social. On pourrait

⁶² <http://fr.wikipedia.org/wiki/Crowdsourcing>

⁶³ http://en.wikipedia.org/wiki/Crowd_funding

⁶⁴ <http://fr.ekopedia.org/Crowdfunding>

par exemple offrir un service de formation approfondie diplômante en relation avec les Universités de Grenoble. Pour cela :

- Des étudiants, préalablement formés, assureraient l'accueil et le tutorat des visiteurs dans le cadre d'un stage incorporé à leur cursus universitaire.
- Ils disposeraient d'outils informatiques spécialement conçus pour assurer leur mission
- Ils seraient rémunérés de façon raisonnable pour ce faire

QUELLE CONCURRENCE ?

- Les revues et sites spécialisés en vulgarisation informatique,
- Les offres de service payant de coaching informatique,
- Les certifications privées de compétence informatique (cf. par exemple certification Microsoft)

LES ATOUTS DU PROJET ?

- La connotation « silicon valley » de la région grenobloise,
- La capacité d'innovation de ses universités,
- L'importance de l'effectif de ses étudiants

LES CONDITIONS DE LA REUSSITE ?

- Trouver une marque séduisante pour nommer le projet
- Réussir son référencement sur Internet
- Véritablement offrir une personnalisation des réponses aux demandes d'aides présentées par les visiteurs

Vers un musée virtuel de l'informatique

ACONIT

*Association pour un Conservatoire de l'Informatique et de la Télématique,
12 rue Joseph Rey, 38000 Grenoble.
Web : aconit.info. Courriel : info@aconit.org*

Ont participé à ce travail : Monique Chabre-Peccoud, Philippe Denoyelle, Philippe Duparchy, Sacha Krakowiak, François Letellier, Jacques Mossière et Jean-Pierre Verjus.

RÉSUMÉ. Cet article décrit le projet d'un Musée Virtuel de l'Informatique présentant les divers aspects de cette discipline (scientifiques, techniques, sociétaux) selon une démarche historique. L'objectif est d'améliorer la connaissance par le grand public des concepts et enjeux de l'informatique et de susciter des vocations scientifiques parmi les jeunes, tout en valorisant le patrimoine rassemblé et conservé par l'association ACONIT. Les capacités prévues pour ce musée (parcours personnalisés de visite, adaptation à des publics divers, techniques avancées de visualisation et d'interaction) nécessitent par ailleurs la réalisation d'outils spécifiques de construction. Les résultats du projet seront rendus largement accessibles : diffusion du contenu sur l'Internet et mise à disposition des outils comme logiciel libre.

ABSTRACT. We describe the project of a Virtual Museum of Computer Science that will present the various aspects (scientific, technical, societal) of this domain using a historical approach. The objective is to promote a better awareness, among the general public, of the concepts, main issues, and challenges of computer science, and to encourage scientific vocations among the young. We also aim at exploiting the rich collection of machines, documents and software gathered and preserved by the ACONIT association. The capabilities of this future museum (customized visit tracks, adaptation to a wide range of public, advanced visualization and interaction techniques) call for specific tools for the construction of the museum and the preparation of the visit tracks. The results of the project will be widely available on the Internet, and the tools will be distributed as open source software.

MOTS-CLÉS : musée virtuel, informatique

KEYWORDS: virtual museum, computer science

1. Motivations

L'informatique fait partie de notre vie quotidienne. Néanmoins, la connaissance qu'en a le grand public reste superficielle. S'il sait utiliser les outils de l'informatique et des réseaux, il en connaît moins bien les principes directeurs et en

perçoit mal les défis scientifiques, techniques et sociétaux. Par ailleurs, on constate une baisse inquiétante du nombre d'étudiants (et surtout d'étudiantes) qui s'engagent dans des études d'informatique, alors même que ce domaine reste largement créateur d'emplois. **Une large diffusion de la culture scientifique et technique liée à l'informatique et plus généralement au « numérique » paraît une tâche prioritaire.**

ACONIT veut relever ce défi. Créée à Grenoble en 1985, ACONIT dispose d'une collection unique en France, qui regroupe 2 000 machines (des origines à nos jours) et des milliers de pièces diverses (documents, logiciels), et possède un savoir étendu sur l'histoire de l'informatique à travers les hommes et les femmes qui composent l'association.

La création d'un musée de l'informatique est un objectif à long terme auquel travaillent de nombreux acteurs. En complément de cette démarche, ACONIT propose de créer un **musée virtuel de l'informatique**, qui présenterait les aspects scientifiques, techniques et sociétaux de cette discipline selon une démarche historique, propre à susciter l'intérêt du public. Ce projet n'est pas une alternative de bas de gamme à un musée physique, mais une entreprise à part entière visant à exploiter toutes les ressources de l'approche virtuelle pour une présentation attractive, vivante et évolutive des concepts, techniques, usages et applications de l'informatique.

Le principal atout de la virtualisation est la souplesse qu'elle autorise, par la personnalisation des parcours, par les capacités de visualisation avancée et d'interaction et par l'adaptation à différents types de public. Pour exploiter ce potentiel, il faut améliorer les capacités des logiciels existants pour la gestion de collections et la diffusion de connaissances. Le projet comporte donc deux aspects :

Contenu : création d'un musée virtuel présentant l'ensemble du champ thématique de l'informatique selon une démarche historique.

Outils : développement d'un logiciel permettant de doter un musée virtuel de capacités avancées et personnalisées de navigation, d'exploration, de visualisation et d'interaction.

Nous pensons pouvoir innover dans ces deux domaines (voir détails ci-après, section 6 « Aspects Innovants »). Nous sommes en relation avec plusieurs institutions partenaires et nous comptons étendre ces collaborations (voir détails ci-après, section 7 « Partenariats »).

2. Objectifs

L'objectif du musée virtuel est de présenter l'ensemble de l'informatique selon tous ses aspects, en mettant en évidence d'une part les relations entre les différents thèmes et d'autre part les aspects historiques (évolution des concepts et des techniques, histoire des hommes et femmes qui ont fait l'informatique, histoire de l'industrie, évolution de la société).

L'organisation du parcours du contenu d'un musée virtuel ne reflète pas nécessairement celle d'un musée physique ; néanmoins, on peut y retrouver des éléments d'organisation familiers au public (galeries, salles, etc.) sachant que les possibilités de navigation permettent de s'affranchir de ces contraintes.

L'entrée du musée donne accès aux 4 dimensions de l'informatique (science, technique et industrie, applications, impact sociétal) et à ses 4 concepts de base (information, algorithme, machine, langage), introduits en partant d'applications familières à tous. À partir de là, le visiteur peut suivre un parcours libre ou guidé. Les « visites guidées » sont orientées par un thème directeur (exemples : machines et technologie, concepts de base, logiciel, industrie, personnages de l'informatique, etc.). Un parcours libre peut se faire par exemple en suivant des liens ou autour de mots-clés.

Les grandes divisions conceptuelles organisant le contenu sont : logique, information et algorithmes ; technologie ; machines (depuis les premières machines mécaniques jusqu'aux ordinateurs actuels) ; programmation et génie logiciel ; systèmes et infrastructures ; données et connaissances, systèmes d'information ; applications scientifiques, simulation ; intelligence artificielle ; interaction homme-machine ; robotique et vision ; réseaux et Internet ; le web et ses applications ; sécurité et tolérance aux fautes ; protection des données, confidentialité, respect de la vie privée.

Ces thèmes sont pris en compte selon les divers points de vue : science et technique ; industrie informatique ; informatique et société ; applications de l'informatique.

Par ailleurs, la **mise en valeur du patrimoine existant** (collections d'Aconit, autres matériaux fournis par des partenaires) sera réalisée d'une part à travers les visualisations intégrées au musée virtuel, d'autre part par la présentation ponctuelle d'objets de ce patrimoine, dans leur contexte historique, au moyen de vitrines d'exposition organisées autour de thèmes précis et réparties dans l'agglomération grenobloise. Deux de ces vitrines sont déjà en place, à l'IUT d'informatique de Grenoble et au centre de recherche Inria Grenoble Rhône-Alpes à Montbonnot.

3. Public concerné et usages

Comme indiqué dans les motivations, nous visons une large audience, sachant que les parcours seront adaptés aux différents publics.

Un public important est celui des collèges et lycées, pour lequel l'objectif est de susciter des vocations scientifiques, en nombre aujourd'hui insuffisant. Mais nous pensons que le musée pourra attirer le grand public, notamment autour du progrès technique, des nouvelles applications et des aspects sociétaux (confidentialité, protection de la vie privée, nouveaux usages du numérique, etc.).

Notre conviction est qu'une démarche historique, par l'intérêt qu'elle peut susciter, est un véhicule adéquat pour l'acquisition des connaissances, qui peut donner envie « d'en savoir plus » et apporter un mieux être pour l'insertion sociale.

En résumé, les publics concernés à terme par ce musée sont aussi bien l'écolier que l'expert informatique, qu'ils soient ou non francophones, et en prenant en compte d'éventuels handicaps. La capacité d'organiser des parcours personnalisés et une navigation libre permet cette large ouverture.

Un aspect important du projet est sa capacité d'évolution en fonction de l'expérience et notamment des réactions des utilisateurs. L'évaluation de la qualité du contenu et du support de présentation sera mise en œuvre selon plusieurs modalités. L'observation des visites sera rendue possible au moyen de traces d'exécution (procédé classique en informatique). Les visiteurs seront invités à donner leur avis à l'issue de leurs parcours. L'évaluation portera aussi bien sur le contenu présenté que sur l'ergonomie des visites.

Dans une phase initiale, l'expérimentation se fera au contact de trois publics : des collégiens et lycéens, des étudiants et des professionnels de l'informatique. Par nos activités et celles de nos partenaires, nous disposons d'un accès à ces publics. Une extension est ensuite prévue vers le grand public, notamment via les sites existants (ACONIT, Interstices). Dans cette phase d'expérimentation et de déploiement, nous ferons appel au CCSTI⁶⁵ de Grenoble

- pour organiser des sessions de découverte et de discussion autour du projet, visant à exploiter l'expérience des utilisateurs pour enrichir le dispositif ;
- pour contribuer à la promotion du projet via ses réseaux nationaux et européens de médiation culturelle et scientifique, et particulièrement le réseau social www.echosciences-grenoble.fr.

4. Détail des fonctions

Le musée virtuel fournira à terme les fonctions suivantes.

- permettre divers parcours thématiques guidés ; la notion de parcours est développée plus loin ;
- permettre une navigation libre, selon les désirs du visiteur ; pouvoir passer à tout instant d'un parcours guidé à un autre ou d'un parcours guidé à une visite libre et vice-versa ;
- permettre au visiteur de visualiser à tout instant le plan général du musée et de connaître sa position dans ce plan ;
- permettre à tout instant un retour en arrière sur la totalité du cheminement suivi jusqu'à cet instant ;
- introduire la notion de session pour permettre à un visiteur d'arrêter sa visite et de la reprendre ultérieurement depuis le même point ;

⁶⁵ CCSTI : Centre de Culture Scientifique, Technique et Industrielle

- permettre divers modes d’entrée : chronologique, thématique, par mots clés, et cela depuis un point quelconque du parcours ;
- prévoir la possibilité d’utilisation de supports divers (grand écran, petit écran, tablette, téléphone, etc.) et adapter la présentation en conséquence (si possible de manière automatique) ;
- prévoir différents niveaux d’explication pour tout ou partie des éléments présentés (par exemple : élémentaire, moyen, avancé) ; pouvoir passer à tout moment d’un niveau à un autre ;
- proposer pour les principaux parcours plusieurs durées de visite (par exemple : survol, visite brève, visite détaillée) ;
- prévoir l’utilisation de langues multiples ;
- permettre la création de communautés autour du musée virtuel, en vue d’améliorer son fonctionnement et de contribuer à enrichir son contenu ;
- prévoir la possibilité d’utilisation du système par des personnes en situation de handicap (par exemple : commande vocale, lecture audio des textes, possibilité d’agrandissement, etc.).

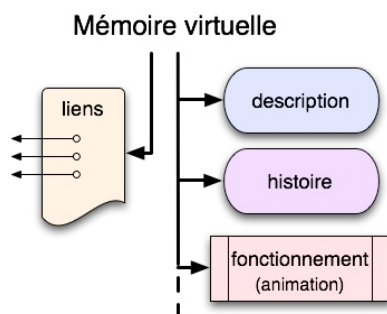


Figure 1. L’item : « mémoire virtuelle »

Un exemple (simplifié pour les besoins de l’exposé) illustre la notion de parcours, telle que nous souhaitons la mettre en place.

Introduisons d’abord la notion d’item, dans la terminologie du musée : on appelle *item* toute notion bien identifiée, qu’elle soit de nature physique ou abstraite (son nom, par exemple, peut servir de mot-clé dans une recherche). Un item comporte un ensemble de composants qui peuvent être d’autres items et des objets atomiques. Considérons un item particulier : la mémoire virtuelle. Ainsi (figure 1), cet item possède les composants atomiques suivants : description, histoire de son invention, utilisation, fonctionnement (illustré par une animation), ainsi qu’un ensemble de liens pouvant notamment pointer vers des parcours.

Un *parcours* est la présentation raisonnée d'un thème générique, organisé comme un cheminement entre des étapes dont chacune est un item d'explication pointant vers un ou plusieurs items (ces derniers pouvant ainsi être partagés entre plusieurs parcours). L'ordre de ce cheminement est guidé par un critère jugé pertinent pour le parcours considéré (par exemple chronologie, géographie, souci d'explication progressive, etc.). Ainsi l'item « mémoire virtuelle » est utilisé par différents parcours indépendants, dont certains sont représentés schématiquement sur la figure 2.

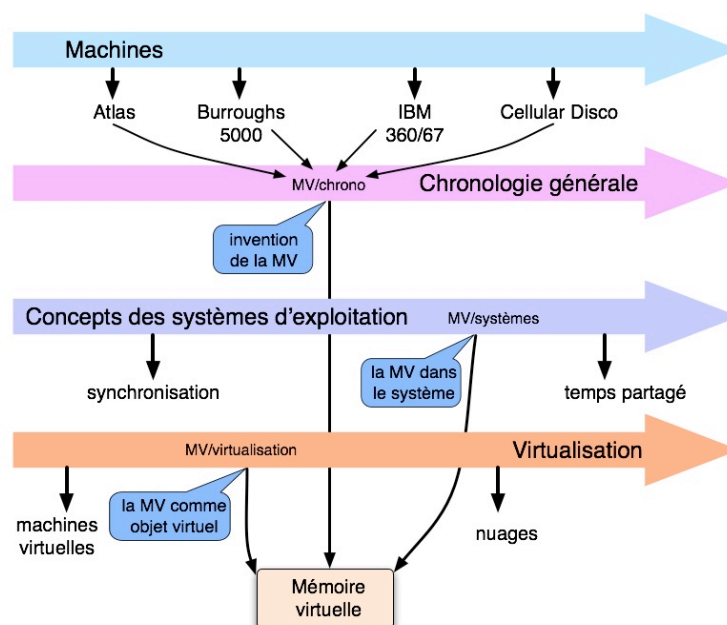


Figure 2. Exemples de parcours

Les parcours prédéfinis illustrés sur la figure 2 comportent un cheminement linéaire, mais ce n'est pas nécessairement le cas général (on peut par exemple avoir un parcours arborescent, avec des choix).

On voit ainsi que la mémoire virtuelle apparaît dans une étape du parcours « virtualisation », dont d'autres étapes sont par exemple les machines virtuelles et les nuages. Elle a également sa place dans un parcours « concepts des systèmes d'exploitation » en compagnie, par exemple, des processus et des fichiers. Elle figure dans des parcours chronologiques (chronologie générale, chronologie par pays, etc.). Enfin, dans un parcours « machines », l'item mémoire virtuelle est un composant des items associés aux machines pour lesquelles il est pertinent.

Le visiteur dispose en permanence d'un catalogue des parcours, et peut ainsi « sauter » d'un parcours vers un autre puis revenir au parcours initial. Il peut aussi

composer (et mémoriser si nécessaire) un parcours à la carte, en utilisant notamment les liens associés aux items, ainsi que la recherche par mots-clé.

Notons que les notions ayant un caractère très générique peuvent s'exprimer selon plusieurs parcours. Ainsi un item « systèmes d'exploitation » sera essentiellement un point de départ pour différents parcours tels que « histoire des systèmes », « concepts des systèmes », etc. qui partagent d'ailleurs des items associés à une notion spécifique (comme la mémoire virtuelle) ou à la description d'un système particulier (comme OS/360).

Pour des raisons évidentes de temps et de ressources, toutes les fonctions décrites dans cette section ne seront réalisées que progressivement au fur et à mesure de l'avancement du projet. Dans la première phase, on mettra en priorité l'accent sur les capacités de navigation (parcours libres ou guidés), la navigation par mots clé et les capacités de visualisation et d'interaction (vues multiples d'un objet, zoom, etc.). En attendant une réalisation complète, certaines fonctions (retour arrière par exemple) seront fournies par le navigateur à partir duquel sera visité le musée.

5. Éléments d'architecture

Nous nous limitons à quelques indications concernant l'architecture du musée virtuel, qui est en cours de définition.

Le principe directeur est la séparation des préoccupations, et notamment la séparation contenu-parcours, qui se traduit par une organisation en trois couches principales pouvant elles-mêmes être décomposées. La couche inférieure est une base de données contenant les items et les éléments atomiques. Au-dessus, on trouve une couche réalisant la gestion des parcours, qui comprend également la gestion des vues multiples (langues, niveaux de compétence, etc.). Enfin, la couche supérieure réalise d'une part la gestion des interfaces d'interaction avec les visiteurs (gestion de la présentation, organisation des écrans, gestion des interfaces multiples, etc.) et d'autre part la mise en œuvre de capacités avancées d'interaction visuelle (zoom, rotation, etc.) exploitant les progrès récents en la matière. Cette dernière fonction implique, bien entendu, que les éléments nécessaires aient été préparés et stockés avec les items correspondants. La gestion des communautés d'utilisateurs sera également prise en compte à ce niveau.

Les capacités nécessaires à l'observation du système (collecte d'avis, de statistiques d'usage, etc.) seront introduites dès la conception. Nous comptons enfin privilégier à tous les niveaux l'usage du logiciel libre.

Nous pensons que le logiciel de support et d'administration du musée constitue une retombée significative de notre travail car il a vocation à être utilisé pour des projets analogues.

6. Aspects innovants

Nous pensons être novateurs pour les deux aspects majeurs du projet : d'une part la sélection et l'organisation du contenu, d'autre part l'étendue des fonctions disponibles et les capacités des outils.

6. 1. Contenu

Il n'existe pas aujourd'hui, à notre connaissance, de musée virtuel de l'informatique présentant tous les aspects de la discipline et permettant des parcours personnalisés. Les sites existants se limitent le plus souvent à la présentation de collections d'objets, avec peu de mise en perspective. La valeur ajoutée que nous apportons est

- d'une part le caractère complet du contenu, l'objectif à long terme étant de couvrir l'ensemble du champ de l'informatique sous tous ses aspects ; ce but sera atteint *in fine* grâce à une large contribution de personnalités compétentes du domaine, en France et plus largement en Europe ;

- d'autre part l'organisation de l'information selon des critères multiples : chronologiques, thématiques, etc., et la création de liens entre les différents aspects. Divers parcours thématiques guidés seront proposés : histoire des idées, histoire des techniques, histoire de l'industrie, impacts sociétaux, histoire des hommes, etc. L'informatique sera présentée comme science aussi bien que comme technique⁶⁶.

6.2. Fonctions et outils

La valeur ajoutée et l'originalité du logiciel proposé pour la gestion du musée résident dans sa capacité d'organiser des visites présentant les caractéristiques suivantes.

Souplesse d'utilisation. Il s'agit de permettre une navigation libre dans le contenu, selon les désirs du visiteur, qui pourra passer simplement d'un parcours guidé à un autre ou d'un parcours guidé à une visite libre et vice-versa. Le visiteur pourra se repérer à tout instant dans le musée, arrêter sa visite et la reprendre plus tard depuis le même point. La présentation pourra être adaptée aux différents supports : grand écran, petit écran, tablette, téléphone, si possible de manière contextuelle automatique.

Visualisation avancée et interaction. Pour assurer la souplesse d'utilisation, le projet met l'accent sur les capacités d'interaction (entrée et sortie) fournies aux visiteurs du musée. Nous utiliserons notamment les techniques de navigation par menu. Nous comptons exploiter les travaux menés au Laboratoire d'Informatique de

⁶⁶ Sur ce dernier point, voir l'article : S. Krakowiak, J. Mossière, J.-P. Verjus. Derrière la technique, la science informatique, *Colloque « Vers un Musée de l'informatique et de la société numérique en France ? »*, Paris, Musée des Arts et Métiers, novembre 2012.

Grenoble (LIG) pour permettre une interaction homme-machine innovante et attrayante sur un grand éventail de supports de consultation.

Adaptation à des publics divers. Les visites et les explications seront déclinées selon plusieurs niveaux : élémentaire, moyen, avancé, et en plusieurs langues. Le système pourra être utilisé par des personnes en situation de handicap (commande vocale, lecture audio des textes, possibilité d'agrandissement, etc.).

Capacité d'évolution. Le système de gestion du musée sera conçu pour permettre une construction progressive (incrémentale) du contenu et des fonctions, et pour faciliter son évolution et sa maintenance.

À notre connaissance, l'ensemble de ces capacités n'est actuellement fourni par aucun musée virtuel existant de l'informatique. Le plus proche serait le *Computer History Museum* (www.computerhistory.org), qui s'appuie sur une riche collection physique ; mais son ergonomie ne prend pas en compte des interfaces qui pourraient rendre le contenu plus dynamique et attractif, son accessibilité est limitée, sans prise en compte du handicap. Enfin, le contenu scientifique, historique et social est également loin d'être complet.

7. Partenariats

Des partenariats sont ou seront établis en vue d'améliorer la qualité du musée virtuel et d'étendre son audience auprès d'un large public. Sont d'ores et déjà établis les partenariats suivants :

- Avec l'université de Grenoble, en vue
 - d'utiliser le musée comme support de formation auprès d'étudiants de différents cycles et de proposer des stages à ces étudiants autour de la réalisation et de l'évaluation du musée virtuel (un stage effectué en 2012 a déjà permis la construction d'une première maquette de démonstration),
 - d'exploiter les ressources des laboratoires de recherche (actuellement le Laboratoire d'Informatique de Grenoble pour le logiciel et l'ergonomie, plus tard des laboratoires de sciences humaines pour la médiation, l'histoire et l'évaluation).
- Avec Inria, actuellement via le site Interstices (interstices.info) de diffusion de la culture scientifique. Interstices publie une série d'articles préparés par ACONIT sur l'histoire de l'informatique, qui seront mis en relation avec des présentations au sein du musée virtuel (3 articles parus depuis novembre 2011, 3 autres en cours de préparation). Nous comptons développer et étendre cette collaboration.
- Avec le CCSTI de Grenoble, qui a une longue et solide expérience dans la réalisation d'actions de médiation scientifique et culturelle, dans l'animation d'une réflexion sur la place de la science et des techniques dans la société, dans la conservation du patrimoine culturel scientifique et technique, et dans la formation et le perfectionnement aux pratiques de médiation culturelle et scientifique. En collaboration étroite avec les centres de culture scientifique de Bordeaux, Toulouse, Rennes, Caen et Paris, il vient de lancer le projet *Inmediats* (innovation, médiation,

territoires), financé par les Investissements d'Avenir, qui vise à réduire les distances d'accès (sociales, géographiques, cognitives) aux sciences et aux innovations par la mise en œuvre de nouvelles médiations axées sur le numérique.

Nous sommes en contact avec le Musée Dauphinois, pour profiter de son expérience de conservation du patrimoine et de diffusion de la culture à partir des objets. Des contacts sont en cours avec des entreprises du secteur informatique, en vue de solliciter leur soutien financier et leur contribution aux aspects technique, industriel et historique du musée. Plusieurs personnalités du Conseil scientifique d'ACONIT nous apportent une ouverture sur les actions auxquelles elles participent.

Enfin, une fois établi le support logiciel du musée, nous comptons faire appel, pour l'organisation et la production du contenu, à **un comité éditorial d'une dizaine de personnes** couvrant l'ensemble des thèmes proposés et choisies parmi les experts de leur domaine, en France et en Europe.

8. Calendrier

À partir du cahier des charges préliminaire validé en septembre 2011 par le Conseil scientifique d'ACONIT, et en fonction du financement obtenu, sera développé un prototype expérimental du musée virtuel qui aura pour but:

- de valider les principes de conception avec un sous-ensemble des fonctions et du contenu et à servir de base à des expériences sur divers publics (voir plus haut) ;
- de valider les choix techniques assurant un développement pérenne dans un contexte très évolutif en matière de supports numériques.

Ce développement sera mené en 2012-2014. Un document d'évaluation, un cahier des charges révisé, et un plan d'architecture logicielle seront alors produits pour servir de base à l'étape suivante. Une première maquette, réalisée au cours d'un stage d'étudiant sur un support diffusé en logiciel libre, est disponible depuis juillet 2012. Elle est utilisée comme support de démonstration et comme outil d'expérimentation pour la présentation des contenus.

En 2014-2017 sera réalisé le musée en vraie grandeur dans sa gestion de l'information et des parcours, les fonctions et le contenu étant enrichis progressivement et mis à disposition du public dès validation, au fur et à mesure du développement.

Dans les années suivantes, il faudra assurer la maintenance logicielle, améliorer et étendre les fonctions, intégrer de nouveaux contenus en fonction de l'évolution de la science, de la technique et des usages ainsi que de l'approfondissement des sujets, développer des échanges et collaborations, introduire de nouvelles versions linguistiques, organiser des « expositions » temporaires à thème, etc.

Par ailleurs, nous prévoyons de continuer la mise en place de vitrines thématiques d'exposition dans des établissements d'enseignement et de recherche, des sites industriels et des lieux publics à haute fréquentation, au rythme d'une ou deux par an.

9. Conclusion

Nous avons présenté un projet de musée virtuel de l'informatique qui a pour but de mieux faire connaître à divers publics tous les aspects de cette discipline et de son histoire. Ce projet vise à une couverture complète du domaine, à une organisation raisonnée de la connaissance, et à une capacité de visite caractérisée par la souplesse et l'adaptabilité, exploitant tous les atouts de l'approche virtuelle. Nous pensons être en mesure de faire progresser l'état de l'art sur ces différents aspects. Nous espérons pouvoir rendre compte prochainement de l'avancement et des premiers résultats de ce travail.

***Remerciements.** Lydie du Bousquet et Laurence Nigay (université Joseph Fourier) ont contribué à notre réflexion sur les fonctions et l'organisation du musée. Florian Dufour (Inria) et Maxence Raoux (élève ingénieur à Polytech Grenoble, université Joseph Fourier) ont mené la réalisation de la maquette de démonstration.*

L'auteur.

ACONIT (Association pour un Conservatoire de l'Informatique et de la Télématique) a été fondée à Grenoble en 1985. Son but est de préserver le patrimoine matériel et intellectuel, ainsi que le savoir-faire, constitués au cours de l'évolution de l'informatique, et de contribuer à une large diffusion de la connaissance de l'informatique et de son histoire. Sa collection compte plus de 2 000 machines et des milliers de documents et logiciels divers.

Un Musée de l'Informatique et une vitrine de l'Économie numérique

*Quelques réflexions générales sur les interactions
Informatique / Économie numérique et la façon de les
présenter dans un cadre muséal.*

Alain Costabel

Introduction

Il est assez curieux de constater combien les évolutions techniques et scientifiques que nous vivons s'imposent à nous de façon pragmatique et empirique en dehors de toute réflexion théorique. Pris de vitesse par la rapidité des avancées technologiques, nous sommes plus préoccupés par leur assimilation et leur intégration à nos modes de vie (de peur d'être dépassés ?) que par une approche plus « réfléchie » en termes de stratégie, de positionnement, d'utilité, d'effets annexes etc....

Il nous a donc semblé que un des rôles d'un Musée de l'informatique pourrait être justement de susciter cette réflexion, cette analyse et de permettre d'avoir une vue d'ensemble des évolutions passées mais aussi actuelles et futures. Le Musée deviendrait alors non pas un lieu statique de présentation d'objets et de techniques inanimés mais un lieu d'échange, de réflexion et d'analyse d'innovations dont certaines pourraient être très récentes voire en cours.

Pour reprendre l'adage bien connu « comment aller quelque part si l'on ne sait pas d'où l'on vient », le Musée serait alors le lien entre l'évolution passé de l'informatique, ses origines et les toutes dernières évolutions.

Il nous est rapidement apparu que le titre de notre intervention devait être précisé. Il n'y a pas d'une part un Musée et d'autre part une vitrine de l'économie numérique mais un Musée qui EST une vitrine de celle-ci. Enfin le terme de vitrine qui sous entend une séparation une distance ne paraît pas lui non plus totalement approprié. Il serait peut être plus judicieux de parler de lieu d'expérimentation, de rencontre, de forum ou même d'acteur de l'économie numérique.

Le projet devient alors plus ambitieux car il ne s'agit pas seulement de sauvegarder et de montrer mais d'observer et de suivre les évolutions les plus récentes, d'en réunir les acteurs, d'organiser des échanges, de faire naître une réflexion et d'en diffuser les conclusions. On quitte le confort de la vitrine pour « descendre dans la rue » et participer.

Le défi est réel mais n'est il pas digne d'une science Informatique vieille d'à peine 50 ans qui a su s'auto générer et évoluer dans des proportions et à une vitesse inimaginables !

Pour essayer de traiter ce vaste et complexe sujet, nous avons structuré notre propos en deux parties :

- Le lien entre un Musée de l'Informatique et l'économie numérique
- Les modalités de mise en place d'une vitrine de l'économie numérique

1 Le lien Musée Informatique / Économie numérique

1.1 Définitions :

Il importe de bien définir les limites de notre propos dans cet article, même si à terme des choix devront être faits au niveau du Musée.

Nous limiterons l'INFORMATIQUE aux matériels, logiciels et systèmes de télécommunication permettant de les relier, utilisés à des fins de production, de communication et d'organisation par les acteurs économiques de toute nature dans le cadre de leurs activités publiques, professionnelles ou privées.

Nous en excluons pour des raisons de facilité dans un premier temps le domaine des jeux, des divertissements ainsi que la téléphonie, la domotique et la robotique. Ce choix est bien sûr discutable et devra faire l'objet de débats spécifiques tant il est que la limite est floue et les interactions entre ces divers domaines nombreuses.

Pour l'ÉCONOMIE NUMÉRIQUE la chose est encore plus difficile. On ne se limitera pas à Internet et à ses retombées comme cela est souvent le cas actuellement. On inclura bien sûr la production de biens matériels (ordinateurs, téléphones ...) ainsi que le développement de logiciels et les services qui leurs sont associés. On peut aussi étendre le concept d'économie numérique aux activités créées, supportées, facilitées par ces matériels, logiciels et services. Le commerce électronique par exemple en fait alors partie ainsi qu'un certain nombre d'activités économiques actuelles.

Le périmètre est donc très variable. Dans le présent article nous avons pris une option intermédiaire qui inclus outre le secteur de la production de biens et services informatiques, toutes les activités apparues avec le développement des nouveaux services informatiques et qui ne pourraient s'exercer sans eux. Ces activités n'étaient non seulement pas pré existantes mais aussi elles cessent si les moyens informatiques disparaissent. Il s'agit du commerce électronique, de la diffusion de

données et d'informations, des messageries et réseaux sociaux, de certains marchés virtuels, etc...

1.2 Evolution historique

L'Informatique était considérée à l'origine comme un simple moyen visant à améliorer et à optimiser des processus existants. C'était avant tout un outil de calcul et d'automatisation des tâches comme l'indiquaient clairement les pouvoirs publics lorsqu'ils mettaient en place en France un « plan calcul ». Cet outil devait s'adapter pour satisfaire les besoins des différents acteurs économiques.

Très rapidement, la puissance de l'outil, la multiplicité de ses applications a eu un effet structurant sur son environnement. Les interactions se sont multipliées.

A tel point que la proposition s'est progressivement inversée et que ce sont maintenant les autres domaines d'activité qui se structurent en fonction de l'Informatique. Il est de plus en plus évident que l'Informatique n'est plus un simple outil au service d'autres processus mais est devenue le processus de base sur lequel s'appuient les autres systèmes pour exister.

Dans un même temps on a vu disparaître de nos pays les activités productrices de biens Informatique ainsi qu'en grande partie de développement de logiciels, pour ne plus proposer que des services informatiques.

Une consultation publique est en cours pour l'établissement d'un plan « France numérique » qui succédera au précédent arrivé à échéance en 2012.

On constate donc au vu de cette évolution que Informatique et Economie numérique sont historiquement « inséparable » et que donc un musée de l'Informatique sera amené à intégrer ces deux aspects.

1.3 Le lien « science » Informatique / économie numérique

L'évolution que nous venons de décrire est donc à l'origine d'une nouvelle économie : l'économie numérique. Le lien entre science informatique et économie numérique est direct et permanent.

Cela apparaît clairement quant on considère les grandes évolutions que nous avons connu au cours des dernières années.

Les succès de l'Informatique ont été d'abord des succès économiques plutôt que des bouleversements technologiques.

Face book, Google etc ... doivent leur réussite non seulement aux possibilités de connexion, de stockage, de traitement accrues offertes par les systèmes informatiques modernes mais surtout à la « découverte » de nouvelles utilisations. Celles-ci ont permis de créer très rapidement de nouveaux marchés, de nouveaux services répondant à la fois à ces besoins et les générant.

Ce ne sont pas toujours les découvreurs à l'origine de nouvelles possibilités techniques ni même les producteurs de ces nouveaux outils qui en exploitent les résultats. Ce sont à l'inverse des utilisateurs clairvoyants qui intègrent les nouvelles possibilités techniques aux évolutions économiques et sociologiques en cours dans nos sociétés.

Ensuite en fonction de ces nouvelles utilisations et de ces nouveaux besoins, les chercheurs et les techniciens vont vouloir améliorer les outils disponibles offrant ainsi de nouvelles techniques et permettant un autre bond en avant.

Les exemples d'interaction ne manquent pas dans le passé comme dans le présent. Les plus connus pourront faire l'objet d'une présentation et d'une analyse plus complète dans le Musée (Microsoft, Apple, Google, Facebook...).

Nous prendrons ici un exemple moins connu mais très concret.

Il y a environ 15 ans IBM décida de mettre en ligne ses tarifs (en interne bien sûr) et de fournir à ses ingénieurs commerciaux un outil rapide permettant de calculer immédiatement le prix de vente d'un système et des logiciels correspondants (alors qu'auparavant c'était un processus long et complexe). En parallèle la compagnie IBM mis en place une politique agressive en matière de prix.

Ce faisant elle provoqua une « guerre » des prix avec les autres acteurs du marché et déclencha une spirale de baisses de prix aux conséquences importantes et directes sur l'Informatique. On vit ainsi disparaître des gammes entières de produits du catalogue...modifiant ainsi la recherche, la production de matériels et de logiciels et donc le développement de l'informatique au sens large. Si un Musée se limitait à une pure approche descriptive des événements, il laisserait de côté ces phénomènes et ses présentations en seraient appauvries.

Plus récemment le développement des échanges Internet ont permis l'apparition de sites de « gestion » des logiciels dits de freeware. Ces logiciels auto modifiés et développés par les utilisateurs ont eux même modifié l'espace Informatique et engendré de nouveaux progrès.

On constate donc si l'on veut produire une présentation muséale complète et pertinente qu'il est impossible de dissocier évolution de l'informatique et développement de l'économie numérique

1.4 Nécessité de la présentation de l'économie numérique dans un musée de l'informatique

Le constat précédent à pour conséquence à notre avis de rendre nécessaire une présentation de l'économie numérique dans un musée de l'Informatique. Un musée ne peut se contenter d'aborder l'informatique uniquement sous l'angle d'évolutions techniques matérielles et logicielles. Ce serait une approche statique, ce serait ignorer les processus en œuvre qui bouleversent autant l'informatique que l'économie par un jeu d'interactions permanentes et directes.

Il faut à notre avis qu'un musée de l'informatique soit un lieu vivant qui puisse lui aussi être partie prenante dans les évolutions en cours.

Il y a en effet un rôle à jouer dans la situation actuelle où les évolutions sont uniquement dictées par les besoins du marché. Une réflexion générale est de plus en plus nécessaire en la matière. Comment mesurer et limiter certains impacts ? Comment contrôler les dérives d'utilisation, comment financer de façon saine et pérenne ces développements ? Quel impact auront à terme les nouvelles technologies sur nos sociétés ? etc...

Tous ces sujets de réflexion dont la nécessité est de plus en plus évidente ne peuvent être portés ni par l'industrie trop préoccupée par la course en avant technique et la survie économique, ni par les utilisateurs qui ont à peine le temps d'intégrer les possibilités offertes par leurs nouveaux outils.

Il y a donc là un rôle important et concret à jouer pour un Musée qui au-delà de l'aspect purement descriptif et muséal souhaite être partie prenante dans les évolutions en cours.

2 Les Modalités de mise en place d'une vitrine de l'économie numérique

2.1 Le contenu de la vitrine

Il importe d'abord de savoir ce que l'on souhaite mettre en vitrine avant de créer celle-ci.

Plusieurs contenus paraissent évidents, il s'agit de ceux liés à l'économie de l'Informatique comme sous-ensemble de l'économie numérique :

- La place de l'informatique dans l'économie mondiale, le nombre d'employés, chiffre d'affaires, acteurs, organisation, répartition géographique....
- La production des matériels informatiques, description des processus industriels, localisation, les terres rares et les enjeux stratégiques, les brevets, la mondialisation de la production...
- Le développement des logiciels et la fourniture de services, délocalisation des développements dans les pays émergents, droits de propriété, tarification, l'impact sur les marchés du travail et de l'emploi, la réalité des prestations de services...
- La maintenance des logiciels et des matériels, l'élimination des matériels usagés, l'impact écologique et humain de l'informatique dans le monde.

Les autres contenus concernent ensuite l'économie numérique au sens large du terme.

Il faut d'abord établir une liste des domaines concernés. Pour notre part nous proposons la liste suivante :

- le commerce électronique

- l'acquisition d'informations
- la recherche et le stockage d'informations
- les réseaux sociaux
- les activités de communication (messagerie, télé conférence...)
- la sécurité Informatique

Cette liste n'est bien sûr pas limitative. Pour chacune de ces activités il s'agirait de faire une présentation synthétique de leur contenu et un état des lieux.

2.2 le support de la vitrine

Il est bien évident que ce type de vitrine qui vise à présenter des activités diverses en constante évolution doit être conçu en fonction de cela.

On imagine mal une présentation figée et statique de ce secteur du musée.

La vitrine serait donc à la fois virtuelle et concrète.

La présentation virtuelle permettrait de « visiter » à partir de postes en libre service les différents domaines concernés. Cette présentation virtuelle suppose de la part de l'équipe de gestion du Musée un travail de création puis de mise à jour de sites Internet propres au Musée présentant chaque domaine. La visite virtuelle devrait être aussi interactive que possible.

En ce qui concerne la partie « concrète », il pourrait s'agir de sortes de stands ou de zones spatiales bien délimitées correspondant à chacun des sujets à traiter. Pour chaque zone une présentation vidéo interactive et des postes d'expérimentation pourraient être mis à la disposition du public. Par exemple des écrans dédiés réseaux sociaux permettant de créer des profils temporaires visiteurs de façon à recueillir les informations collectées pendant la visite du musée et de les transférer ensuite sur un profil personnel.

Il est à noter qu'à l'intérieur de chaque zone ou stand une partie pourrait être réservée à des intervenants extérieurs « invités » par le Musée.

2.3 Les acteurs

Il s'agirait bien sûr de personnels du musée mais on peut imaginer aussi d'autres catégories d'intervenants :

- des chercheurs et des universitaires
- des étudiants dans le cadre de stages ou de complément d'études
- des salariés des sociétés intervenants extérieurs dans les différents domaines.

On pourrait imaginer que chaque constructeur ait une sorte de stand lui permettant à la fois de présenter ses produits et aussi d'en mesurer l'impact sur les visiteurs. Il ne s'agit pas de faire du « commercial » et du marketing à l'intérieur du

Musée, mais plutôt de partager des connaissances et des idées. Il ne faut pas non plus oublier le rôle joué dans les évolutions actuelles par les problèmes de compatibilité, de normalisation et de communication qui impliquent un dialogue en amont des producteurs entre eux et de nombreuses consultations des utilisateurs. Le musée serait un lieu de rencontre idéal pour ce type de contacts.

Chaque producteur pourrait présenter sa philosophie, sa vision de l'avenir et pourquoi pas aussi d'éventuels prototypes.

2.4 Les événements

Le Musée peut d'une part être le point de rencontre et de convergence des différents acteurs de l'informatique et de l'économie numérique. Il pourrait être lieu de rencontre, d'échanges et de débats dans un cadre organisé.

On pourrait imaginer plusieurs types d'événements :

- les permanents comme par exemple la création et la gestion d'un forum ouvert de discussion
- les occasionnels comme par exemple l'organisation de colloques ou de conférences en utilisant les facilités du musée.
- les « à la demande » comme l'organisation par exemple de « Webinars »

Encore une fois il paraît souhaitable que le musée soit actif, qu'il participe réellement et concrètement aux débats en cours et joue un rôle de « facilitateur » sur un certain nombre de sujets.

Conclusion

Il apparaît souhaitable que le futur Musée de l'Informatique soit bien plus qu'une présentation statique de celle-ci et de son « histoire ». Si on souhaite qu'il ait un impact sur le public comme sur les acteurs de l'informatique il est indispensable de l'ouvrir sur l'économie numérique.

Celle-ci n'est certes pas aisée à présenter mais cela est indispensable au succès et au rayonnement du Musée.

Ces quelques réflexions n'ont pas la prétention d'être autre chose que le support permettant d'initier des discussions et des études plus approfondies et plus documentées sur le sujet.

Comment utiliser le 3.0 pour que notre MINF soit ubiquitaire, participatif et attractif ?

Florian Dufour, Martin Hachet, Gérard Giraudon, Pascal Guitton, Thierry Viéville

Inria

*Bordeaux, Grenoble, et Sophia–Antipolis,
(prenom.nom@inria.fr)*

RÉSUMÉ. Au-delà de la contribution Inria en terme de soutien à l'initiative collégiale pour un Musée de l'Informatique et de la société Numérique en France (MINF) nous proposons ici un levier pour relever le triple défi de créer un espace ubiquitaire, participatif et attractif, à la fois matériel et numérique.

ABSTRACT. Beyond the Inria contribution in terms of support regarding the collective initiative for a Museum of Computer Science and the digital society in France (MINF), we propose here a lever to address the triple challenge of creating an ubiquitous, participative and attractive space, at both the hardware and software levels.

MOTS-CLÉS : science informatique ; interface homme machine, médiation scientifique.

KEYWORDS: computational science ; human -computer interaction, science outreach.

Préambule :

Dans le titre de la [conférence](#), il y a «informatique et société numérique». Nous voudrions ici faire quelques constats introductifs. Le monde numérique est schématiquement composé d'énergie, de *machines*, de *logiciels* ... et in fine il est au service d'activité humaine. Certes les machines physiques sont importantes mais un ordinateur à l'arrêt n'est qu'un « tas de ferrailles » même alimenté avec de l'électricité ! Le logiciel, lui est de ressort de l'intellect et il y a besoin d'une interface entre l'intellect et le monde physique (un capteur, une machine, un système) interface d'autant plus importante que le but est de s'interfacer directement avec l'humain.

Il y a donc deux grandes dominantes qui sont du ressort de l'intellect : le *logiciel* et les *interfaces* .

Concernant le logiciel, il s'agit d'un programme écrit dans un langage ... il a donc un forme livresque ... et chacun a sa forme littéraire ... les bons programmeurs

savent qu'il y a une esthétique de la programmation. On peut donc montrer des logiciels autrement qu'avec des boîtes ou par le résultat de leur action.

Les interfaces : c'est la médiation ... c'est un sujet clé. Pour ce musée, il s'agit de revenir aux origines A l'origine à Athènes, le musée était la colline où se trouvaient les muses qui étaient des interfaces entre les humains et les dieux pour les arts créatifs et à Alexandrie du temps de Ptolémée 1er, le musée était une partie du palais où se retrouvaient des artistes et des savants ... donc des créateurs.

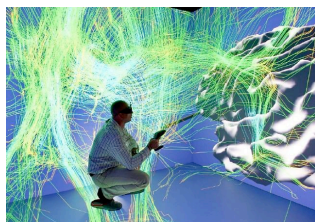
Ce musée doit donc être un « objet » vivant ; vivant par sa capacité d'explication du présent afin d'éclairer le futur, bien sûr en s'appuyant sur le passé, l'histoire de la discipline, des idées et des techniques ; et vivant, par sa capacité à faire vivre des expériences à ses visiteurs qu'ils soient en présentiel ou à distance.

Le dernier constat sur le lequel nous voudrions insister concerne la révolution du monde dont l'informatique est la source. En effet, la transformation du logiciel (une l'œuvre de création de l'esprit) en technologie (code compilé sur une machine) a plusieurs caractéristiques importantes :

- la transformation est aujourd'hui quasiment à cout nul et en temps nul,
- la duplication de la technologie est quasiment à cout nul et accessible au plus grand nombre
- le logiciel et donc la technologie est itérative et cumulative

C'est certainement la première fois dans l'histoire de l'humanité que de telles caractéristiques de transformation surviennent. Alors, certes, il faut s'appuyer sur le passé, mais le point clé du titre de la conférence est la société numérique dans son acception générale. On pourrait même parler « d'humanités numériques » car ce bouleversement est gigantesque pour nous humains et pas seulement un bouleversement technologique ou économique. Il faut le faire savoir et le faire comprendre.

1. Enjeux et défis.



La finalité du MINF est double. D'une part, celui de la diffusion des sciences et technologies de l'informatique et de l'électronique numérique, à travers une démarche patrimoniale et historique (histoire des idées, des humains et des machines). D'autre part, face à la consommerisation des objets numériques et de leur application, une contribution à «l'appropriation des technologies numériques» qui passe par un apprentissage des fondements scientifiques et techniques de l'informatique, dont les éléments patrimoniaux constituent des ressources essentielles.

Mais nous devons aussi faire face à un défi multiple ! Il faut que ce soit :

- un “musée vivant” qui évolue avec son époque, qui la suit voire la précède, et qui puisse aussi être un lieu récurrent de rencontre, de réflexion sur ce nouveau monde qui est encore en construction ;

- un “musée sympa” qui donne vraiment envie aux initiatives locales d'espaces muséaux, aux professeurs et lycéens qui apprennent l'Informatique et les Sciences du Numérique (ISN), aux citoyen-ne-s concerné-e-s, jusqu'aux amateurs éclairés des HackerSpace, FabLab, MediaLab, etc d'y venir, d'en être et d'y contribuer ;

- un “musée durable” qui optimise au maximum la gestion du patrimoine matériel mis en commun, mais offre en même temps sur tous les sites du territoire un accès de proximité à ce patrimoine.

2. Le levier des «documents 3.0» :

Nous sommes donc devant la nécessité de développer un reflet numérique des objets matériels et de l'enrichir de contenus. Il faudra les lier à des masses de documents locaux et distants, donc présents sur le web des données (c'est-à-dire dont les éléments sémantiques sont structurés de manière à être partagés à travers le web). Il faudra pouvoir disposer d'ergonomies incluant, par exemple, des rendus 3D et des interactions virtuelles, pour les pièces les plus importantes.

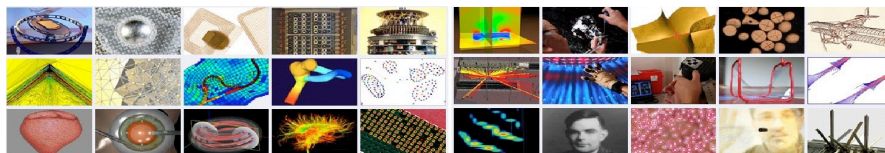
Un document devient alors un objet numérique au contenu duquel on accède à la fois comme un élément d'une base de donnée et qui est aussi doté de fonctionnalités qui permettent d'interagir avec lui. C'est aussi un objet que l'on remodèle, auquel on co-contribue, donc un objet dont le contenu est libre et ouvert, puisque que l'on souhaite montrer comment cette chose-là est fabriquée. Il contient à la fois des éléments multi-média graphiques ou sonores, mais aussi des portions de code pour définir les interactions. Pour être réalisables et maintenables, de tels contenus doivent se décomposer en “grains” les plus modulaires possibles : on parle de «documents 3.0» pour ces contenus du web 3.0.

3. Un projet partenarial :

Les travaux des équipes de recherche Inria du thème «interaction et visualisation» du domaine «perception-cognition-interaction», et ceux de leurs partenaires, peuvent servir de base à cette ingénierie. L'aspect partenarial de la proposition est majeur car on propose ici de se lier aux actions connexes développées dans de grands projets de culture scientifique tel que CapMaths et Inmediats. On prend la mesure qu'il s'agit aussi ici de proposer l'animation d'une communauté, donc de se donner les moyens de disposer d'une forte disponibilité pour répondre aux sollicitations.

Au sein de la communauté du MINF l'engagement serait de produire quelques contenus leviers et percutants et de mettre à disposition les outils standards qui les ont créés. La mise en valeur des reflets numériques des objets du patrimoine muséal qui va être rassemblé sera une priorité, avec bien sûr la possibilité que les amateurs

éclairés y contribuent. D'autres contenus plus liés à la notion de musée des sciences seront considérés.



3. Conclusion :

L'importance d'une telle contribution est donc triple: (i) rendre attrayants et ludiques les contenus pour le large public, (ii) jouer le rôle réflexif de vitrine de ce que l'informatique d'aujourd'hui produit, (iii) mais surtout introduire la notion de contenus participatifs : pour que les citoyen-ne-s s'approprient les objets numériques, ils doivent non seulement comprendre les fondements sous-jacents, mais aussi les maîtriser, donc pouvoir eux-mêmes les faire fonctionner.

A. Annexe : à propos d'interfaces numériques pour des grains 3.0

A1. Stimuler la curiosité : de l'individu spectateur vers l'individu acteur

Aujourd'hui le visiteur est trop souvent passif à écouter une conférence, visionner une vidéo ou lire un texte, alors que notre cerveau ne fonctionne pas ainsi : il apprend en *manipulant* son environnement, et structure sa mémoire à travers des boucles sensori-motrices. Passer à des contenus que le spectateur «fait fonctionner» augmente la motivation intrinsèque, donc le recrutement des ressources cognitives.



Une expérience participative d'électro-statique au Palais de la Découverte qui n'a pas attendu le 21e siècle !

Cette augmentation du champ d'interaction pour explorer, comprendre, stimuler n'est pas nouvelle mais elle prend une forme inédite quand on travaille à partir de contenus numériques.

Le projet InSTInCT :

<http://anr-instinct.cap-sciences.net>

est exemplaire en la matière.

Il y a un parallèle à faire avec l'idée de système intelligent tout-automatique qui est une illusion, car l'intelligence des machines reste mécanique. Et sans tenir compte prioritairement de l'«humain dans la boucle» impossible de s'approprier facilement un système numérique. Wendy Maccay parlera de «mettre la machine dans la boucle de l'humain». Les objets numériques utilisés en médiation scientifique sont et doivent être évidemment exemplaires à ce niveau.



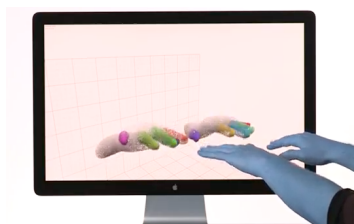
Présentation de fondements de l'informatique à travers une approche ludique au cours d'une action de médiation scientifique devant des élèves.

La notion d'algorithme prend ici un sens concret et ludique.



Manipulation d'une molécule grâce à un bras à retour d'effort, qui permet à la fois de comprendre les aspects pluridisciplinaires des sciences du numérique et de découvrir les maths et l'informatique « sous le capot » sur un exemple superbe.

A2. Nouvelles interfaces avec le monde numérique



Interface sans contact, créé par [LEAP-Motion](#)

L'utilisation massive des surfaces tactiles au sens large est en train de révolutionner les usages et les interfaces utilisateurs. Si cette approche tactile a largement été explorée pour les applications fondées sur des tâches d'interaction usuelles, l'exploitation de ces propriétés dans un espace tri-dimensionnel est loin d'être autant explorée : la mise en place de techniques efficaces pour une interaction tactile instinctive entre un utilisateur et un environnement 3D interactif constitue un véritable défi de recherche et la manipulation d'objets de culture scientifique se place au premier plan des applications permettant à un large public de mieux comprendre, mieux apprendre, mieux analyser ou encore mieux concevoir, les objets de sciences à partager.



Prototype d'interface pour la sculpture virtuelle : un exemple d'outil numérique de création d'oeuvres d'art.

Un autre aspect performatif à l'usage de tel mécanismes d'interaction 3D est qu'ils nécessitent de nombreux éléments de science, donc offrent une occasion de comprendre la « science sous le capot ». À l'instar du proverbe qui dit que l'imbécile regarde le doigt quand on montre la lune, dans notre contexte dès que le visiteur dira « tiens ...comment ça marche tout ça » ? On pourra par exemple lui parler de vision par ordinateur et des éléments de géométrie projective et/ou de contrôle visuo-moteur sous-jacent. La science du numérique est multiple !



A3. Inventer de manière participative nos meilleurs usages.

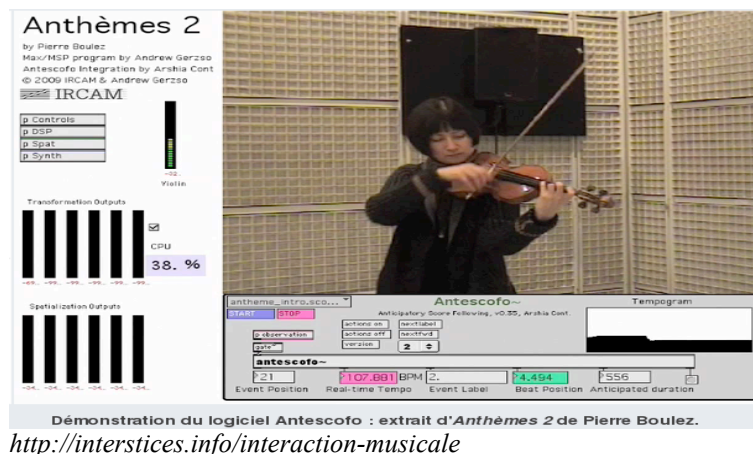
Au-delà des aspects de culture scientifique, ce troisième volet inclut des problématiques aussi diverses que le handicap assisté par des objets robotiques ou numériques, où seul celui qui vit l'usage peut le construire et le valider, ou bien encore l'éducation où apprendre avec de beaux outils numériques est à la fois un enjeu au niveau de la motivation mais plus fondamentalement de la pédagogie. Pour développer cet aspect, citons ici un exemple précis, celui de la création artistique où l'artiste « détourne » la technologie numérique pour créer ou faire fonctionner une oeuvre . .



Deux spectateurs devant l'œuvre *Body Paint* de Mehmet Akten. Dans cet exemple, le corps devient un pinceau et des jets de peinture numérique sont tracés numériquement sur un mur en fonction des mouvements du spectateur.

<http://interstices.info/art-ordinateur>

. . ou au contraire s'approprie la modélisation mathématique et informatique liée à son art pour mettre en place des outils inouïs.



Démonstration du logiciel Antescofo : extrait d'Anthèmes 2 de Pierre Boulez.
<http://interstices.info/interaction-musicale>

Nous renvoyons aux références ⁶⁷(interstices ci-dessus pour mieux comprendre les enjeux en terme de partage des sciences du numérique et de l'informatique à travers la création artistique.

A4. Conclusion : une nouvelle vision du développement de systèmes numériques.

En utilisant de telles interfaces numériques, on contribue à montrer combien l'informatique est une science pluri-disciplinaire, en lien avec les sciences cognitives, l'ingénierie, la sociologie, etc. On montre aussi par des exemples, les applications scientifiques au service des enjeux sociétaux : Santé et bien-être, Environnement et Développement, Éducation et Société pour ce qui est des priorités stratégiques Inria. Et puis tout de même excusez du peu, on montre aussi une science vachement plus rigolote !!!

B. Annexe : à propos de document 3.0

Très brièvement, de quoi s'agit-il ? Au delà du document papier 1.0 ou numérique 2.0 le document 3.0 (voir⁶⁷ pour plus de détails) est :

1. Documentarisé : donc doté de méta-données sémantiques du web 3.0 pour accéder à son contenu en terme de données et pas uniquement de texte ;
2. Hyper-texte : donc décomposé en grains reliés par des liens, de façon à accéder de manière modulaire à chacun de ces éléments, y compris multimédia (donc enrichis de graphiques, sons, animations, 3D).

⁶⁷ [How the next generation of dynamic documents will improve the way we work](http://interstices.info/interaction-musicale)

3. Interactif : complété de portions de code pour interagir avec le contenu et se l'approprier pas uniquement par la lecture, l'écoute audio ou en visionnant une vidéo ou animation 3D mais en *manipulant* certains de ces éléments.
4. Participatif : intrinsèquement co-auteurisé, donc recevant des contributions des auteurs et aussi des utilisateurs du contenu, avec une ligne éditoriale bien cernée.

Bref : rien de “nouveau” juste l'aboutissement d'une évolution que l'on rend explicite ici.

Par documentarisé, on entend relié aux méta-données sémantiques du Web 3.0, c'est à dire l'atomisation des connaissances sous forme de «RDF»: *sujet propriété objet* ainsi que l'organisation en corpus contextuel standardisé, par exemple avec la LOM qui décrit les “objets du learning”. On obtient ainsi une mécanisation maximale des connaissances qui devient donc accessible aux humains et aux logiciels. Par exemple wikipedia devient DBpedia ce qui donne accès aux données contenues dans le texte. Il y a là un double enjeu de visibilité + ré-utilisabilité de tels documents.

Par hyper-texte on fait bien évidemment référence aux contenus du Web documentaire, décomposés en grains de modularité maximale, pour aider à la réutilisation maximale des contenus existants (ex. : on reprendra plus facilement une figure complètement synthétique facilement accessible qu'un long texte . . .) déposés sur des plateformes idoines (ex: wikipedia, canalU, «SIL:O») et accessibles via un permalien. Il y a aussi un renversement de lieux sur le Web : au lieu de créer sa (encore une!) plateforme, on va exister chez les autres, en syndiquant les contenus sur des plateformes cibles. La notion de document devient un «arbre de grains» structuré en graphe ou «parcours» (ex. : découverte selon le public, ou selon le pré-requis ou l'acquis pour un contenu didactique). Ici l'index est “aussi important” que le texte. Un graphisme/son/vidéo devient un «arbre de plans» accompagné de son scénario détaillé. Il y a là un double enjeu d'interopérabilité + et de ré-utilisabilité.

L'introduction massive d'éléments interactifs, basée sur la notion d'«application» (grain logiciel) au sens des nouveaux numériques, permet que cette notion de grains interactifs soit mieux formalisée et compréhensible du public. On identifie rapidement des formes de «jeux» paramétrables : quizz, devinette de mot, sélection d'images, drag and drop d'icônes, etc. On spécifie aussi des formes d'interaction prédéfinies : promenade 2D en cliquant dans des images, interface à bouton et réglages de valeurs, objet 3D isolé ou vue panoramique à manipuler. La notion de «progle» (objet numérique didactique manipulable par programme) appartient à ce contexte et permet de se familiariser avec un objet numérique en le manipulant. On a bien entendu séparation de la spécification de l'interaction avec son look-and-feel, comme pour d'autres objets du Web.

Par travail participatif, on entend plusieurs aspects. D'abord pour ces grains de culture scientifique l'écriture à « quatre mains » d'un scientifique et d'un professionnel de la communication. Puis la validation des sources est un élément

primordial, et il faut tracer qui a écrit/validé quoi pour comprendre de quel contenu il s'agit. On doit ensuite chercher d'abord à contribuer à l'existant (ex. : contribuer à wikipedia puis en reprendre le contenu plutôt que de créer des "sous"-plateformes) et rechercher à créer les grains manquants. Ensuite créer «une présentation» revient à «ré-assembler» les grains en corrigeant/validant complétant/améliorant les existants. Il faut alors accepter que la notion de «droit d'auteur» se dilue.

Quels enjeux pour la médiation scientifique? Une telle démarche permet de (i) mieux décliner les grains selon les publics, gérer les (ii) multi-publications à différents niveaux de lecture, (iii) jouer sur l'effet vitrine de grains attrayants / innovants et (iv) créer la proximité entre curieux de science / chercheur.

C. Annexe : Outils numériques pour les musées en général.

Grâce à de nouveaux outils d'interaction, les musées peuvent envisager toute une gamme nouvelle de relation aux œuvres présentées. Nous distinguons bien ici les outils spécifiques à un musée de l'informatique des outils numériques plus généraux qui peuvent être mis au service des musées en général. Voir par exemple : <http://www.inria.fr/actualite/le-saviez-vous/les-musees-a-l-aube-d-une-revolution-numerique>.

Références



<http://interstices.info> Une revue de culture scientifique sur la recherche en informatique, créée par des chercheurs, à l'initiative d'[Inria](#), avec le [CNRS](#) et les [Universités](#).



Biographie

Florian Dufour est ingénieur de recherche Inria, responsable adjoint du Service E-Information Scientifique.

Martin Hachet est chercheur et responsable scientifique de l'équipe de recherche Inria <http://team.inria.fr/potioc>

Gérard Giraudon est chercheur et Directeur du Centre de Recherche Inria de Sophia Antipolis – Méditerranée.

Pascal Guitton est enseignant-chercheur et Directeur de la Recherche Inria.

Thierry Viéville est [chercheur](#) et chargé de [mission pour la médiation scientifique](#).

Vers une collection de podcasts pour vulgariser les concepts informatiques

Lydie du Bousquet

Université J. Fourier, Grenoble I, UFR IM2AG

Laboratoire d'Informatique de Grenoble, BP 72, 38402 Saint Martin d'Hères

lydie.du-bousquet@ujf-grenoble.fr

RÉSUMÉ. L'Ecole d'Informatique de l'Université J. Fourier – Grenoble I (UFR IM2AG) a entrepris la réalisation d'une bibliothèque de clips vidéo pour vulgariser l'informatique. Cet article décrit les objectifs de cette initiative.

ABSTRACT. The Computing Science School of the J. Fourier University (Grenoble I) is making a collection of video clip in order to popularise computer science. This article describes the objectives of this initiative.

MOTS-CLÉS : vulgarisation de l'informatique, clip vidéo, podcast

KEYWORDS: democratisation of computer science, video clip, podcast.

1. Introduction

Aux yeux du grand public, l'informatique n'est pas une science. Au mieux, l'informatique est considérée comme une technologie. L'enjeu est donc de faire comprendre les concepts principaux, les grandes problématiques et les solutions déjà mises en œuvres.

Des initiatives existent déjà. Par exemple, l'INRIA⁶⁸ met à la disposition du grand public des ressources pédagogiques pour expliquer des notions clefs. En particulier, de petites fiches qui permettent d'appréhender des notions informatiques⁶⁹ « de A à Z » ont été réalisées en collaboration avec le centre de vulgarisation de la connaissance de Faculté des Sciences d'Orsay, Université Paris-Sud⁷⁰. De plus, l'internaute peut trouver de nombreux articles sur wikipédia illustrant l'informatique.

Ce que l'on peut constater à propos de ces ressources, c'est qu'elles sont essentiellement textuelles. Il est dommage de limiter la diffusion scientifique au seul support textuel, d'autant plus que le jeune public (enfants et adolescents) est très attiré par l'image.

⁶⁸ <http://interstices.info/>

⁶⁹ http://interstices.info/jcms/c_24463/informatique-de-a-a-z

⁷⁰ <http://www.cvc.u-psud.fr/>

2. Une bibliothèque de clips vidéo ou podcast

L'Ecole Universitaire d'Informatique (UFR IM2AG) de l'université Joseph Fourier cherche à construire une bibliothèque de clips vidéo courts (de 3 à 8 mn chacun) pour illustrer des notions élémentaires, des problèmes, des algorithmes, etc. L'objectif est de les rendre accessible au grand public, notamment sous forme de podcast (diffusion sur Internet). De telles initiatives existent pour d'autres domaines scientifiques, tels par exemple pour l'archéologie : INRAP propose ainsi sur son site web⁷¹ une collection de ressources vidéo (incluant des podcasts).

A terme, la bibliothèque de clips de l'école d'informatique couvrira :

- la description de l'informatique en tant que discipline : « le comment ça marche » (les concepts clefs)
- les métiers de l'informatique (en utilisant l'appui d'industriels)
- la recherche en informatique
- les démonstrations proposées à la fête de la science
- nos formations,
- des réalisations des étudiants (projets, stages,...) pour illustrer le contenu des formations.

Cette démarche de communication courte par l'image est un moyen d'enrichir un musée virtuel de différents types de présentations (concepts, de problématiques, applications...). C'est aussi un moyen de faire découvrir l'histoire de l'informatique au travers de témoignages, par exemple grâce à l'exploitation des documents de l'INA⁷², et provoquer l'étonnement et la curiosité.

3. Les difficultés

Construire une bibliothèque de clip vidéo pour le grand public est un vrai défi. La première difficulté réside dans la réalisation. Le résultat doit être essentiellement ludique. Il doit donner envie d'écouter d'autres clips. Il faut donc soigner la réalisation. Compte-tenu de la population visée (essentiellement des lycéens), nous avons choisi de réaliser des clips courts (pas plus de dix minutes).

La seconde difficulté est le choix des sujets. S'imposer d'apporter des réponses en moins de dix minutes implique de choisir des questions précises. Par ailleurs, les réponses apportées doivent être simples assez pour être comprises par tous, mais aussi suffisamment précises pour faire comprendre la difficulté du sujet. Par exemple, un des clips répondra à la question « Qu'est-ce que ça veut dire qu'un problème est NP-complet ? ».

⁷¹ <http://www.inrap.fr/>

⁷² Voir par exemple : <http://www.ina.fr/sciences-et-techniques/nouvelles-technologies/video/I05059673/le-fonctionnement-d-un-ordinateur.fr.html>

4. Perspectives

La réalisation de la bibliothèque au sein de l'Ecole d'Informatique de l'université J. Fourier a commencé. C'est un travail qui va s'étendre sur la durée, mais qui a déjà intéressé de nombreux enseignants-chercheurs.

La présentation de média, dont la micro-informatique

Eric Carton

*Docteur en SIC, chercheur associé laboratoire I3M, chargé de cours IUT de Nice
Président de l'association « Le Musée de la Colo », responsable de formation
eric.carton@free.fr*

RÉSUMÉ : *À partir d'une expérience comprenant notamment l'exposition d'ordinateurs lors de manifestations sur le thème des colonies de vacances, l'article présente comment les ordinateurs ont été utilisés dans les centres de vacances et comment les étudiants de l'IUT de Nice ont essayé de montrer ce passé à des groupes d'enfants.*

Une partie traite aussi de l'animation d'un musée en général.

Mots clés : *musée, centres de vacances, animation, informatique en centres de vacances.*

1. Introduction

Avant de présenter ma recherche, il convient de préciser, puisque je vais traiter des animateurs et de ce que l'on appelait les colonies de vacances, comment ce sujet peut concerner un musée de l'informatique, et ce à plus d'un titre.

Les animateurs ont été porteurs des média audiovisuels (Lamizet, 1999) au moins jusque dans les années 1990-1995. Ils ont utilisé les projecteurs (films fixes, diapos, 16 mm, super 8...) mais aussi les électrophones, la micro-informatique, tant pour la gestion (ce qu'ils font toujours), que pour des jeux et pour la communication avec la famille

Ensuite parce que les membres de l'association "Le musée de la Colo" (à prendre dans le sens des colonies de vacances) ont commencé à faire des expositions afin de présenter les outils utilisés dans les centres de vacances et notamment ceux concernant l'informatique. Je développerai les difficultés que nous avons rencontrées à ce sujet, ainsi que les perceptions des jeunes étudiants face à ces outils.

Ma réflexion sera présentée en six points. Premièrement, je traiterai de l'utilisation de l'informatique dans les centres de vacances, j'essaierai aussi de montrer les changements liés à l'informatique. J'aborderai ensuite deux questions concernant la muséologie : la conservation des objets et leur exposition, pour poursuivre par une éventuelle place des animateurs dans un musée avant de terminer sur la présentation des micro-ordinateurs dans un musée, telle que je l'expérimente.

2. Quelles ont été les utilisations de la micro-informatique dans les centres de vacances ?

Pour commencer ma présentation, il me paraît important de définir l'utilisation de la micro-informatique dans l'animation. Je reviendrai ensuite sur le comment cela est arrivé, quels sont les éléments qui ont favorisé l'utilisation de l'informatique et comment les animateurs ont été obligés d'en limiter l'utilisation aujourd'hui.

Dès les années 80, les micro-ordinateurs ont été utilisés dans les centres de vacances, principalement les "Thomson" (TO7 et TO8). Ils servaient à la production de documents (courriers, comptabilité), d'ateliers (dessins, dessins animés), de jeux mais aussi d'outils de communication par le réseau téléphonique.

Que faisaient les animateurs avec l'informatique grand public naissante ? Je vais m'appuyer sur deux centres de vacances que j'ai dirigé en 1990 et 1992. Le premier était un centre très récent accueillant 70 enfants de 3 à 9 ans des Alpes-Maritimes. La structure était à deux kilomètres d'une petite ville. Le deuxième était en pleine montagne. Il accueillait aussi 70 enfants mais de 9 à 13 ans. Le premier village était à 20 kilomètres et si nous avions bien une ligne pour le téléphone, nous fabriquions l'électricité avec deux groupes électrogènes. Nous n'avions donc pas d'électricité à certaines heures, ou pendant les orages. Dans les deux centres, nous disposions de quelques ordinateurs (TO7 et TO 8) qui devaient servir à plusieurs choses⁷³ :

1. j'utilisais principalement un TO8 pour le travail administratif et financier. Il servait à faire quelques lettres (heureusement peu nombreuses durant le séjour), à faire les listes des enfants et pour faire la comptabilité. Il faut se rappeler du "cri de l'imprimante" lorsqu'elle fonctionnait. J'ai conservé quelques documents produits durant ces centres et qui paraissent si vieux aujourd'hui ;
2. les enfants utilisaient les ordinateurs pour plusieurs activités. D'abord pour les jeux. Nous disposions de 5 ou 6 jeux utilisables pendant les temps calmes. Là encore, il est bon de se rappeler le bruit du lecteur audio qui servait à passer les cassettes sur lesquelles étaient enregistrés les jeux des TO7 (pour les TO8, certains jeux étaient sur cartouche) ;
3. les enfants pouvaient aussi s'exprimer par le dessin, et les plus persévérants pouvaient même réaliser de courts dessins animés. Le crayon optique, souvent défectueux, permettait des réalisations imprécises, mais presque magiques pour les enfants ;
4. ces ordinateurs permettaient une communication entre les enfants, le centre et les parents⁷⁴. Le principe était simple. les parents pouvaient, sur leur Minitel, avoir des informations sur le centre où était leur enfant, tout comme lui envoyer des messages. Pour les informations, il s'agissait d'un

⁷³ L'association qui m'employait à l'époque utilisait des logiciels fournis par l'Union Française des Centres de Vacances et de loisirs (UFCV).

⁷⁴ Aujourd'hui, peu de centres utilisent encore les ordinateurs pour ce type de communication. Bien souvent, les organisateurs rassurent les parents avec une messagerie vocale. Les sites des centres ne se remplissent de photos qu'après les séjours.

journal d'une dizaine de pages qui pouvait inclure des dessins (mais, bien sûr, pas de photos). La mise à jour du journal devait être faite régulièrement, par le directeur et/ou les enfants. Pour les messages, les parents pouvaient écrire à leur enfant. Lors de la réception du message (on regardait une à deux fois par jour, cela nécessitait de faire une connexion), on appelait l'enfant qui lisait son message, pouvait l'imprimer (lorsque cela fonctionnait) et pouvait répondre. L'usage de cette messagerie était limité, la plupart des parents n'avaient pas de minitel.

Il ne faudrait pas limiter ainsi l'utilisation de la micro-informatique. Certaines M.J.C. (Maison des Jeunes et de la Culture) par exemple, ont rapidement, dès les années 80, créé des centres X2000 pour favoriser l'apprentissage de l'utilisation des micro-ordinateurs, par des cours de programmation, notamment au travers de l'enseignement du Basic.

3. Réflexions sur l'évolution des outils média en centres de vacances et dans l'animation en général

L'évolution des outils média a été suivie par les animateurs pour toutes les activités de loisirs. Il est nécessaire de reprendre rapidement cette évolution pour pouvoir traiter des incidences dans les techniques d'animation et expliquer pourquoi les animateurs sont aujourd'hui dépassés. Cela permettra aussi d'expliquer trois éléments qui posent des difficultés à faire ressentir aux futurs visiteurs d'un musée de l'informatique.

L'animation se structure au début du vingtième siècle autour de mouvements de jeunes, de patronages laïques ou confessionnels, de colonies de vacances, de l'éducation populaire, même si de nombreuses expériences sont antérieures. Ce développement sera accompagné de revues, de séances de projection... qui aident à structurer chaque organisation, à la rendre connue et à diffuser ses valeurs.

Au début existaient les photographies qui ont permis de transformer les lanternes magiques (projection de peintures sur plaques de verre à la lumière d'une bougie ou d'une lampe à pétrole) en projection de films à images fixes. L'électricité a simplifié et sécurisé ces appareils en donnant plus de puissance aux lampes et en évitant l'utilisation de produits inflammables. La pellicule a permis de lier physiquement les images entre-elles. Les projections de films à images fixes sont devenues possibles.

Nombreux sont les centres qui ont investi aussi dans des labos photos en noir et blanc. Ils ont permis pendant des décennies de montrer rapidement avec une illustration ce qu'il s'est passé. La photo pouvait être montrée quelques heures après avoir été prise.

Très rapidement, et alors que les films à images fixes continuaient de se développer (cela durera jusqu'aux années 60, que ce soit dans l'animation ou dans les écoles), le cinéma se développe. Nombreuses seront les associations qui investiront dans les projecteurs 16 mm. Des fédérations de cinéclubs se structurent pour faciliter la circulation des bobines et aussi pour sélectionner les types de films (suivant les

valeurs éducatives des organismes). Mais comme le cinéma reste coûteux, qu'il y a peu de bobines et peu de films. Une nouvelle invention, qui sera fortement utilisée, apparaît : la diapositive. Outre le fait que le principe des films à images fixes continue (de nombreux appareils de projections sont adaptables à l'un ou à l'autre), la diapositive permet à l'animateur (ou à l'enseignant) de faire lui-même ses diapositives avec un simple appareil photo. On pourra soit acheter des séries de diapos sur des thèmes divers, soit réaliser soi-même ses diapos (un peu comme projeter ses photos). Cependant, il faut jouer avec le temps car il faut plusieurs semaines pour les faire développer. Le même phénomène apparaît avec les films. En passant du 16 mm au 9.5 pour au 8 et enfin au super 8, il est possible de faire ses propres films, mais là aussi, la projection est organisée bien après la colo. L'apparition des caméscopes (et donc, après quelques essais, des cassettes VHS) va donner de nouvelles possibilités. Même si les montages sont complexes, il est possible de filmer et de "projeter" sur une télévision en même temps. Il n'est plus nécessaire de développer les films. C'est dans le même temps que se développe l'informatique. Comme pour les autres outils, les animateurs s'y sont intéressés rapidement. Nous l'avons vu, elle va permettre de nouvelles activités. Si l'informatique n'est pas directement concernée par les images, elle va rapidement permettre de simplifier les montages. Et puis, nous avons eu l'apparition des photos numériques, de caméras numériques et des vidéoprojecteurs. L'instantané prend alors tout son sens. Chacun ou presque peut projeter au moment même de l'action, ou dans un court temps de mise en page. Il n'y a plus de délais et il devient presque surprenant qu'une personne prenne la parole sans utiliser un diaporama.

Il est évident que l'informatique a permis un formidable gain de temps. D'abord, nous l'avons vu pour les projections, mais il faut ajouter pour l'ensemble des moyens utilisés dans l'animation. Cela facilite les projections de films - il n'est plus besoin d'attendre la disponibilité d'une bobine - et la diffusion de musique. On est bien loin du temps d'attente entre deux 45 tours lors des "boums". L'informatique est devenue indispensable pour de nombreuses activités. Et même là où on la pense inutile comme pour un grand jeu, c'est parfois l'animateur qui cherche des idées grâce à son moteur de recherche.

Il ressort par contre une perte d'idées, une dépendance à des moyens techniques dont les animateurs ne peuvent plus se passer. Le temps est souvent indispensable pour mener à terme une réflexion. Faire un montage diapo nécessitait de s'interroger sur les photos que l'on voulait, puis il fallait prendre les photos, trouver ou créer les situations, attendre le développement, trier classer, faire des diapos titres (avec du papier calque et des feutres), faire des essais, parfois ajouter une musique ou pour les plus doués, utiliser deux projecteurs pour faire un "fondu-enchaîné". Bref, il fallait plusieurs mois pour aboutir, avec un budget important. Aujourd'hui, on peut faire des centaines de photos sans surcoût, compléter sa "bibliothèque d'images" sur Internet et sans délais créer un diaporama. Il reste cependant que l'on apprend souvent comment fonctionne le logiciel, rarement comment on communique avec un diaporama.

Les outils technologiques étaient explicables, simples d'utilisation. Il était possible pour un animateur de se former spécifiquement à l'utilisation d'un

"appareil" moderne, lequel, même si son coût n'était pas excessif pour une collectivité, l'était pour une famille. Il en est ainsi pour les appareils photos, les projecteurs (films fixes puis 16 mm), les électrophones, les caméras... Fort heureusement, ces objets sont progressivement devenus accessibles à tous, au fur et à mesure de la commercialisation de nouveaux supports. Malheureusement, l'évolution de ces "appareils" est de plus en plus rapide et donc si les objets sont en principe accessibles aux plus nombreux, ils coûtent de plus en plus cher à cause de leur renouvellement !

Nous avons donc connu des objets rares, utilisables en collectivités et dont l'utilisation nécessitait juste quelques heures (voire moins) de formation. L'effet était magique, l'animateur était le seul à pouvoir faire, présenter, exposer... Aujourd'hui, les "appareils" sont accessibles à tous et nécessitent de longues heures de formation que certains ont suivies (par l'école, l'université, les loisirs à la maison...). Non seulement l'effet n'est plus magique mais banal, non seulement l'outil est souvent mal utilisé, mais en plus il devient rare d'avoir des animateurs compétents au vu des niveaux nécessaires pour utiliser toutes les fonctions possibles de l'appareil. Il n'est pas rare de dire : je sais que l'on peut le faire, mais on ne le fera pas car je ne sais pas comment y arriver (ou pire, j'essaie pendant des heures et je n'aboutis pas). Le coût est aussi devenu un vrai handicap. Pour un atelier informatique, il faut des ordinateurs (un par personne, voire un pour deux), des logiciels, des connexions, des périphériques et mettre le tout à jour très régulièrement sans avoir le temps d'amortir financièrement ces investissements.

4. La conservation des objets liés à l'informatique

Parmi les constats qui ont été faits par l'association "Le Musée de la Colo" figure la difficulté de garder les outils média en état de fonctionnement. S'il est possible de maintenir les appareils électriques, c'est nettement plus difficile pour les outils informatiques. Nous sommes confrontés au vieillissement des ordinateurs.

Notre première difficulté porte sur la conservation. Les plastiques qui entourent les écrans ne résistent pas au temps et jaunissent, ce qui donne l'impression qu'ils sont sales. Il est difficile alors de montrer la "modernité" de ces appareils, même lorsque nous essayons de les remettre dans leur contexte. Nous n'avons par contre pas de problèmes avec d'autres appareils restés comme neuf comme le minitel.

Ensuite, il est difficile de montrer des supports qui ont disparu depuis pas si longtemps mais qui paraissent pourtant si vieux. Par exemple, comment faire passer l'idée qu'il fallait écrire les jeux en basic puis les enregistrer sur des cassettes audio sur bandes magnétiques ? D'autant plus qu'il faudrait aussi leur montrer le résultat de ces nombreuses lignes : un jeu si simple qu'aucune console actuelle n'oserait le présenter, même en améliorant le graphisme. Comment expliquer, sans paraître ridicule aux jeunes générations que l'on était si fier, quand on lançait le premier programme que l'on avait écrit et qui avait pour finalité d'écrire notre nom plusieurs fois sur un écran (je pense que tous ceux qui ont été initiés au basic ont commencé par cet exercice).

Enfin, comment montrer une évolution rapide ? Les jeunes étudiants, qui devaient expliquer ensuite à des enfants, ont eu du mal à imaginer les possibilités et l'utilisation de la micro-informatique (mais nombreux sont ceux qui ne connaissaient pas les postes cassettes audio). En s'essayant à présenter les ordinateurs lors d'une répétition, une étudiante a naturellement dit que les ordinateurs ne servaient qu'à jouer. Sachant que les ordinateurs étaient moins performants, elle a imaginé alors l'informatique comme n'étant qu'un support de jeux. Elle disposait pourtant de nombreux indices complémentaires (un minitel, des logiciels avec les notices, les crayons optiques...). Il est donc difficile pour ceux qui n'ont pas connu l'évolution d'imaginer comment celle-ci a pu se produire. On pourrait aller plus loin en se demandant comment avons-nous pu vivre si longtemps sans ordinateurs.

5. Exposer des objets vivants

Pour moi, les objets vivants sont ces objets anciens qui peuvent encore fonctionner. C'est le cas de la plupart des outils utilisés dans les centres de vacances et c'est ce qui les rend intéressants à exposer. Ou au moins, c'est ce qui rend l'exposition vivante.

L'association « Le Musée de la Colo » gère un fond de documents, d'archives mais aussi d'objets depuis 1996. L'association collecte de nombreux éléments, notamment lorsque les associations ou services ferment, ou lorsque des anciens décident de se séparer de leurs archives⁷⁵. L'ambition est de permettre des recherches mais aussi de mettre dans l'ambiance, de faire vivre les souvenirs des centres de vacances. Pour ce faire, l'association organise des expositions, notamment avec l'I.U.T. de Nice par les étudiants en carrières sociales. Des enfants de centres de loisirs et d'école visitent l'exposition animée par les étudiants.

Lors de l'exposition 2012⁷⁶, qui a eu lieu à l'IUT de Menton (département carrières sociales), les étudiants ont créé une salle des média. Il s'agissait de montrer comment les média ont été utilisés par les animateurs dans les colonies de vacances. En faisant le tour de la pièce (qui était animé avec comme support un kamishibai), on passait de la lanterne magique au TO8 en passant par la photo, les films à vues fixes, les diapos, le cinéma (16mm et super 8)...

Les étudiants ont bénéficié de différents appareils, mis à disposition par l'association. Ils devaient les mettre dans l'ordre, comprendre le fonctionnement, voir l'importance de chacun et surtout expliquer (ou se préparer à expliquer) à des groupes d'enfants comment cela fonctionnait, à quoi cela servait, et même montrer le fonctionnement.

⁷⁵ Il existe une association nationale : le PAJEP qui regroupe les archives des associations nationales. Le Musée de la Colo ne regroupe pour ce qui est des documents que ceux d'associations locales.

⁷⁶ Une première exposition a été réalisée en 2010 mais sans la salle média.

La première étape délicate a été de sécuriser les étudiants, de les autoriser à toucher les appareils. Il a fallu parfois leur montrer comment cela fonctionnait. Parmi les surprises, il y a eu notamment le fait de brancher des appareils électriques avec de vieux câbles et de voir que cela s'allumait encore.

Le deuxième point délicat concerne les risques d'abimer les objets. Utiliser un projecteur de film huit millimètres présente le risque que le moteur chauffe (il est souvent poussiéreux), que le filament de l'ampoule ne résiste pas, et surtout que le film casse. Bien sûr, je pourrais fournir une version numérisée du film, ce qui permettrait d'éviter tous les risques de la projection ancienne. Mais l'ambiance ne serait plus la même et le rendu fondamentalement différent. La fierté des étudiants et leur sérieux dans la manipulation attestent de l'importance d'utiliser les objets anciens. Les étudiants ont d'ailleurs du mal à laisser les autres manipuler aussi. Il va de soi qu'en ce qui concerne des films uniques (de type un film réalisé au cours d'une colonie de vacances), ceux-ci ont été numérisés avant de façon à en assurer la sauvegarde. Le plus souvent, les étudiants manipulent des objets que le Musée de la Colo a pu acquérir en plusieurs exemplaires.

Il est important que la manipulation soit aussi possible pour le public accueilli lors de l'exposition. Celui-ci doit pouvoir toucher une bobine, une plaque de verre... comme il peut toucher les jeux le matériel de cuisine, de sports...

6. Musée et animation

Avant de conclure par quelques idées pour la présentation de micro-ordinateurs, je ne peux, en tant qu'animateur, que poser quelques réflexions sur l'animation d'un musée.

La création d'un musée est liée à l'existence d'une collection. La muséologie devient alors la présentation de cette collection à un public volontaire et intéressé. Suivant le sujet et les pièces exposées, le musée est plus ou moins apprécié. Il peut trouver son public, attirer des chercheurs comme rester un lieu de rencontre de quelques passionnés peu nombreux avec des groupes acquis comme des scolaires voulant approfondir un morceau du programme.

Afin de développer, fidéliser, conquérir un public, de nombreux conservateurs font appel à des médiateurs afin de créer un lien entre le musée et le public. Il s'agit alors pour eux de trouver de nouveaux publics, de mieux communiquer sur le musée, de mettre en place des activités spécifiques pour certains publics, voire de les animer. C'est ainsi qu'un jeu proposé aux enfants est apparu dans presque chaque musée avec un questionnaire papier, souvent distribué parfois vendu,. Un diplôme voire un petit cadeau est ensuite offert aux enfants qui ont su répondre aux questions. Ces jeux sont souvent bien faits, mais vieillissent mal. Il n'est parfois plus possible de trouver les réponses (les indices ayant disparus), les jeux sont sur de vieilles photocopies car les originaux ont disparu...⁷⁷

⁷⁷ J'ai même vu cette année dans un musée important la liste des réponses affichées à la sortie, le « diplôme » étant intégré dans le dossier jeu. De plus, certaines réponses étaient plus

Etant animateur et même formateur d'animateurs, je ne peux que regretter cette situation. L'animateur, tel que l'entendent les animateurs sociaux et socioculturels, réfléchit à partir du public. Un projet part du groupe futur et l'animateur va se positionner pour accompagner le groupe à évoluer en tenant compte de ses attentes. Si j'applique en ce sens la méthodologie de projet, je me retrouve à poser plusieurs questions comme :

- qui peut être intéressé par le musée de l'informatique ? ;
- quelles seraient les questions du public ? ;
- que souhaiterait-il voir ? ;
- qu'est-ce que ce musée pourrait apporter au public ?

7. La présentation des micro-ordinateurs,

Quelles sont les solutions utilisées au « Musée de la Colo » pour régler le délicat problème de la présentation de ces objets pas si anciens mais déjà vieux ?

7.1 Créer une *ambiance*, replonger dans le passé : nous avons réalisé une salle spécifique Média (avec les ombres chinoises, la lanterne magique, la photo, les films fixes, les films, les diapos et la micro-informatique). L'ambition était de montrer que l'informatique était le résultat naturel d'une évolution des matériels ordinaires d'une colonie de vacances. Cela sera plus difficile à mettre en scène dans la vie quotidienne d'une famille ou d'une entreprise à moins d'imaginer une sorte de scénographie en action où le public puisse s'intégrer.

7.2 Conserver les *objets*, mais aussi les *images* (documents produits, bruits spécifiques...). Cela peut permettre de montrer comment le professionnel utilisait l'outil et comment l'informatique a modifié les façons de pratiquer l'animation. Il est possible de montrer les imprimés avant l'informatique puis les actuels (et encore, en tenant compte du papier Carbone, des stencils...). On pourrait par exemple traiter de l'évolution d'un dossier type (comme un dossier de subvention), de l'écriture à la main puis à la machine à écrire jusqu'à aujourd'hui où l'on peut saisir le texte dans des cases et envoyer le dossier par courriel... J'ai numérisé récemment une vidéo en VHS du début des années 90. Un sociologue a enregistré un film d'une demi-heure pour présenter à de futurs enquêteurs la méthode. Il s'est enregistré présentant des transparents projetés avec un rétroprojecteur, puis il a filmé l'écran de son ordinateur pour montrer les graphiques qu'il comptait réaliser. Aujourd'hui un diaporama serait simple et efficace et tellement plus rapide et efficace !

7.3 En *projet* : nous pourrions aussi présenter des documents tels qu'on les a produits dans les années 80 mais en travaillant sur un ordinateur récent (avec les couleurs, les polices de caractères...). Il devrait être possible de reproduire à l'infini de nombreux imprimés.

actualisées que les affiches du musée, d'où des problèmes de classement. Ce qui donne bien peu de valeur au diplôme ou à l'« animation ».

7.4 En complément : présenter comment on vivait sans ordinateurs (on pouvait bien des choses) pour mieux les expliquer. On pourrait ainsi traiter du cinéma, du cinéma d'animation... comme de la prise d'un billet de train ou de la recherche scientifique. On pourrait aussi mettre en avant les incidences de certains outils sur les compétences individuelles comme lorsque les jeunes ont du mal à se donner un rendez-vous physique (« on se téléphone ce soir ») ou lorsque des adultes habitués à avoir une voix sur la route qui indique la route à suivre se trouvent perdus devant un simple plan.

Pour conclure

J'espère qu'il sera possible de créer un musée où le visiteur pourra comprendre l'histoire de l'informatique. Cela nécessitera non seulement une collection qui soit rendue vivante, mais aussi une vraie réflexion sur le public visé. Ce musée sera alors un vrai lieu d'éducation.

Bibliographie

- Lamizet Bernard (1999) *Histoire des médias audiovisuels*, Paris, éd Ellipses, 192p
- Rasse Paul (1999) *Les musées à la lumière de l'espace public*, Paris, L'Harmattan, 240p
- Rasse Paul (2006) *Conception, management et communication d'un projet culturel*, Voiron, territorial édition, 102p
- Sallois Jacques (1995) *Les musées de France*, Paris, Que sais-je 447, 125p

Biographie

Eric Carton est chercheur en sciences de l'information et de la communication. A partir du champ de l'animation sociale et socioculturelle, il étudie les supports de communication, les livres et revues et montre les valeurs éducatives parfois cachées. Il travaille aussi sur la bande dessinée.

Eric Carton est animateur et formateur d'animateurs depuis plus de 20 ans.

Essai d'étude historique de l'enseignement du Numérique :

Du "cambouis technologique" aux compétences adaptées à des usages personnels et professionnels intégrés

**Jean-Louis Bernaudin, ancien délégué général de l'association
Pasc@line**

*Association Pasc@line,
3 rue Léon Bonnat, 75016 Paris
contact@assopascaline.fr*

RÉSUMÉ. L'informaticien a trop vite ignoré sa parenté avec les métiers antérieurs comme ceux de l'industrie ou de l'organisation. Bon nombre des problèmes que connaissent encore les systèmes d'aujourd'hui découlent directement de ce schisme progressif, qu'il s'agisse des strates accumulées au cours des décennies ou de certaines approches contemporaines essentiellement soucieuses de l'optimisation technique au détriment de l'usage qui en est fait, voire de leur « utilisabilité ». Il semble essentiel de mettre en évidence la manière dont les technologies les plus récentes sont susceptibles de limiter la prolongation de telles erreurs, au fur et à mesure que l'usage devient plus individuel et relie vie privée et vie sociale, en impliquant ergonomes ou psychosociologues...

Ceci serait facilité par l'intégration au futur musée d'une composante relative à l'histoire de l'enseignement du Numérique, avec ses forces et ses lacunes...

1 Introduction

Alors que rarement technologie s'est trouvée présentée sans passé, comme l'informatique peut l'être, la création d'un Musée de l'Informatique et de la société Numérique en France doit, selon Pasc@line et compte tenu de notre expérience au contact des jeunes, qu'ils soient praticiens amateurs ou étudiants engagés dans un cursus spécialisé, être représentative de la dynamique enclenchée depuis des siècles et dont la poursuite exponentielle engage l'avenir de nombreuses générations : la généalogie est en effet bien connue : il s'agit de la descendance des efforts millénaires d'automatisation des calculs (du mécanisme d'Antikythera, "calculateur astronomique" daté d'environ 80 avant notre ère, à la machine de Babbage en passant par la Pascaline de Blaise Pascal ou les règles logarithmiques de Napier) et des automates industriels avec des systèmes de commande, de régulation et de

programmation sophistiqués, issus de l'industrie horlogère et de ses applications aux métiers à tisser.

Il semble donc indispensable de faire apparaître les liens entre les efforts de productivité industrielle et la transformation qui émerge des outils intégrés ou spécialisés de productivité et de communication individuels connectés à des fins aussi bien de lien social que ludiques.

Le mot d'intégration reste central, qui vise à la fois à limiter l'intervention humaine — ou, à tout le moins, à l'assister — dans des processus de plus en plus complexes et faisant intervenir des acteurs divers et de plus en plus dispersés. Il est évidemment corrélé à la fusion progressive des technologies purement informatiques et celles qui sous-tendent les télécommunications.

2 De la préhistoire numérique aux systèmes d'aujourd'hui

2.1. *La triple origine*

Dès l'origine de l'informatique moderne que l'on peut situer à la fin du XIX^e siècle, on ne doit pas oublier les différences majeures en termes d'usages et d'objectifs de ce qu'il est rapidement convenu d'appeler informatique de gestion, informatique temps réel et informatique scientifique et leurs conséquences en termes d'architecture des machines et de ce qui ne s'appelle pas encore le logiciel.

La mécanographie, ancêtre quelque peu oublié de l'informatique de gestion, vise d'emblée à automatiser les tâches administratives, dans un pur souci d'accroissement de la productivité, indissociable de l'organisation du travail collectif.

Au-delà du souci de démultiplier la puissance de calcul du cerveau humain, les années 40 verront naître les calculateurs scientifiques spécifiquement liés à l'effort d'armement de la deuxième guerre mondiale.

Parallèlement, les efforts d'automatisation de la production industrielle déboucheront sur l'emploi, en complément puis à la place d'automates électromécaniques, de calculateurs dérivés des précédents et dédiés la conduite automatisée de certaines machines et installation de production, encore appelée informatique de process ou de conduite de processus, caractérisés par la nécessité de piloter « en temps réel⁷⁸ ». Un cas particulier en dérivera, avec le remplacement progressif des équipements de commutation téléphonique entièrement électromécaniques par des systèmes numériques dédiés, et la numérisation de la voix et de l'image fixe puis animée, débouchant sur les réseaux numériques combinant matériels dédiés et protocoles et unifiant le transport et l'acheminement de tous types d'informations (voix, données, images...).

⁷⁸ Ce terme ne peut être défini de manière rationnelle, et on y substituera plutôt la notion de « temps utile » respectueux des contraintes de temps de réponse imposées par l'objet, statique ou dynamique, placé dans son contexte d'utilisation

Les progrès naissent ensuite, avec une corrélation très lâche, de travaux de recherche longtemps disjoints, et l'enseignement dans l'enseignement supérieur restera longtemps marqué par cette segmentation entre, d'une part, les spécialistes de l'un des trois domaines et, d'autre part, les spécialistes des architectures matérielles et ceux, progressivement plus nombreux, qui maîtrisent les différents niveaux de logiciel.

2.2. *L'héritage de la mécanographie*

Tout part en fait de la fin du 19^e siècle, avec l'invention par le statisticien américain Herman Hollerith⁷⁹ de la carte perforée moderne (elle était dans son principe déjà connue depuis Jacquard) pour l'utiliser dans une machine destinée à analyser les résultats du recensement de 1890. Alors que l'américain W. Bourroughs crée en 1885 la première machine comptable, engageant la comptabilité dans des voies nouvelles, les efforts de rationalisation et d'organisation de la production industrielle théorisés et diffusés par les Frederick Taylor⁸⁰ et autres Henri Fayol⁸¹ vont se traduire par l'introduction progressive d'un certain degré d'automatisation dans les tâches administratives.

La mécanographie, fondée sur les cartes perforées qui représentent une technologie de mémoire dont la capacité est illimitée, permet de conserver des informations permanentes codées sur des supports manipulables qui peuvent être lus automatiquement et ordonnés en "fichiers".

A partir de cinq machines de base, la perforatrice - vérificatrice, la trieuse, la tabulatrice, la perforatrice connectée et l'imprimante, le traitement des informations va s'opérer au travers de trois fonctions d'entrée - sortie (lecture de cartes, impression, perforation de cartes et l'exécution programmée des quatre opérations arithmétiques dans des totalisateurs mécaniques. Sans omettre des machines secondaires comme l'interclasseuse qui assiste la trieuse en fusionnant des fichiers déjà triés. Les traitements suivent une logique spécifique qui doit enchaîner et contrôler les opérations réalisées en séquence par un programme réalisé en modifiant le câblage de la tabulatrice par un tableau de connexion amovible. La tabulatrice a une capacité de traitement et une puissance finie, il est alors nécessaire de découper artificiellement le traitement qui sera réalisé en plusieurs "unités de traitement logique" et la création de fichiers transitoires. Ces traitements partiels liés à une recherche d'optimisation des temps ont contribué à structurer les futures "chaînes" de programmes informatiques. La mécanographie est structurellement un traitement d'information par "lot", l'équivalent du "batch" actuel, car l'accès à l'information est séquentiel.

La mécanographie est déjà fort répandue dans les grandes entreprises américaines et britanniques à la veille du premier conflit mondial. En France,

⁷⁹ Hollerith fonde en 1896 la Tabulating Machine Co. qui deviendra plus tard IBM

⁸⁰ « The Principles of Scientific Management », 1911

⁸¹ « Administration industrielle et générale », 1916

l'éclosion interviendra dans les années 1920 et surtout 1930⁸², date à laquelle, par exemple, les services du ministère des Finances commencèrent à utiliser ces techniques⁸³.

Certes, les résultats bénéfiques de l'emploi des machines se traduisent par un accroissement de la productivité : augmentation du rendement, gain de temps, économie de travail se conjuguent pour favoriser une réduction des effectifs. Par ailleurs, la mécanisation augmente la précision et la sûreté dans l'exécution des tâches concernées et démultiplie les capacités de calcul, permettant de résoudre des problèmes nouveaux et d'entreprendre des traitements jusque-là impossibles.

Mais pour qu'une opération de mécanisation remplisse, à un coût acceptable, ses objectifs en matière de gain de productivité, il faut que l'équipement choisi convienne mieux que tout autre à l'application envisagée. L'organisation et la mécanisation sont deux opérations différentes, mais étroitement liées. En effet, toute installation de machines doit être précédée par une étude générale scientifique, qui doit définir au préalable les objectifs recherchés et en mesurer l'impact sur le fonctionnement du service. Cet aspect est trop souvent négligé.

Le ver est alors déjà dans le fruit. Nous n'avons aujourd'hui toujours pas fini de subir les conséquences de ces approches par "silos" et du manque de recul en termes d'organisation.

En fait, dès que les calculateurs sont utilisés en gestion⁸⁴ — pour du stockage, du tri et de la recherche de données, extrapolation dans un premier temps des principes mécanographiques —, on se trouve, par rapport à des machines conçues pour le calcul scientifique, dans un changement de paradigme, avec beaucoup d'entrées-sorties, la gestion de fichiers et bases de données sur lesquels sont effectués des calculs simples et en petite quantité unitaire et, assez rapidement un problème de mise en place d'interfaces homme - machine adaptées à des utilisateurs de tous niveaux. Ce n'est que beaucoup plus tard que s'ouvriront des usages pour la communication individuelle et de groupe.

On ne parle pas encore de Système d'Information — par opposition au système informatique que l'on peut définir comme l'ensemble de moyens matériels et logiciels assurant le stockage, le traitement et le transport des données sous forme électronique —, mais la continuité avec la mécanographie va bien conduire à s'intéresser à un tel ensemble constitué par la définition des processus propres au(x) métier(s) de l'entreprise et par celle des stocks et flux d'information éclairant ces processus, puisque, par définition, dans une organisation, les tâches sont partagées entre équipes ou individus.

⁸² Au début des années 1980, les plus anciens de l'usine Alsthom (orthographe de l'époque), qui m'employait alors, n'utilisaient jamais le mot informatique, mais, forts d'une expérience de plus de cinq décennies, parlaient de la "mécano"...

⁸³ D'après Aouatef Chérif : "La mécanographie et ses répercussions au sein de l'administration française, l'exemple du ministère des Finances (1930-1970)" - Thèse de l'Ecole des Chartes soutenue en 2006

⁸⁴ Le premier ordinateur commercialisé, l'Universal Automatic Computer ou Univac I, a été construit en 1951

L'intervention humaine reste majeure dans cet ensemble, car toutes les tâches ne sont pas automatisables, soit pour des raisons techniques, soit pour des raisons économiques.

2.3. Processus et méthodes

À partir des années 60, les professionnels de l'informatique de gestion se sont préoccupés des "méthodes". Ces "méthodes" sont une description de l'action des informaticiens qui conçoivent et développent les logiciels de gestion.

« Elles ont été au centre de la recherche en système d'information et en ingénierie. Le succès des progiciels (ERP) et les conséquences de l'apparition du paradigme objet, comme on le verra dans le prochain chapitre, ont diminué leur importance au cours des années 90.

Durant ces 40 ans, la notion de "méthode" a tout d'abord émergé, puis la méthode Merise est devenue commune aux informaticiens français. Ce standard a ensuite évolué dans diverses directions pour finalement se recentrer sur UML en tant que nouveau standard d'une conception orientée objet. Avant Merise, d'autres méthodes ont existé dont la plus célèbre, en France, a été CORIG. »⁸⁵

Les jeunes ingénieurs, n'ayant que l'expérience de l'informatique, ont eu tendance à ne plus connaître que cette part du métier. Les spécificités y sont nombreuses. Un métier nouveau émerge avec ses connaissances propres, en renouvellement permanent, en fonction des innovations techniques. L'informaticien a ignoré très vite sa parenté avec le métier de l'organisateur, auquel on ne forme dès lors plus guère !.

Bon nombre des problèmes que connaissent les systèmes d'aujourd'hui découlent directement de ce schisme progressif, qu'il s'agisse des strates accumulées au cours des décennies ou de certaines approches contemporaines essentiellement soucieuses de l'optimisation technique au détriment de l'usage qui en est fait, voire de leur "utilisabilité".

La méthode MERISE voit officiellement le jour en 1978. Elle est devenue la méthode d'analyse des systèmes d'informations la plus utilisée par les sociétés et les administrations françaises : l'estimation actuelle est de 60% des entreprises. Elle s'appuie à la fois sur une méthode, puis sur un nombre grandissant d'outils logiciels d'aide à la conception de systèmes informatiques.

Cette méthode, toujours enseignée, apporte une aide considérable à la formalisation des concepts d'étude des systèmes d'informations ; une aide reconnue par une majorité de professionnels, de formateurs, et d'universitaires ; ce qui peut répondre aux quelques détracteurs qui lui reprochent un certain manque de rigueur. Mais le monde académique, compte tenu de ses recherches qui l'orientent

⁸⁵ Jean-Louis PEAUCELLE, CORIG, histoire d'une méthode en informatique de gestion, Revue Systèmes d'Information et Management, 2002, vol. 7 n° 3

principalement vers les bases de données, privilégiera toujours les modèles de données de Merise, laissant l'étude des processus tomber en désuétude, jusqu'à l'émergence, au début des années 90, du *Business Process Reengineering* (BPR)

En effet, alors que du fait de l'internationalisation d'une gestion de plus en plus axée sur des projets (lancement de nouveaux produits, reconfiguration des supply chains...) les équipes sont mobiles et de plus en plus dispersées géographiquement, il n'est plus possible de conserver des systèmes applicatifs – qui ne sont pas encore des systèmes d'information – qui ont repris, réorganisé, selon les principes méthodologiques que l'on vient de voir, et optimisé des procédures au sein desquelles on a, depuis des décennies, raisonné en termes d'automatisation de tâches immuables en visant exclusivement à accroître la productivité individuelle. L'optimisation globale n'est pourtant pas, comme chacun le sait, obtenue par la somme de sous - optima.

En 1990, Michael Hammer, ancien professeur de "computer science" au MIT, publie un article dans la *Harvard Business Review*, dans lequel il affirme que le principal défi pour les managers est de faire disparaître les tâches sans valeur ajoutée, plutôt que d'investir à tort dans la technologie, et en particulier l'informatique pour les automatiser.

Au contraire, les entreprises devraient reconsidérer leurs processus pour maximiser la valeur ajoutée au profit de leurs clients, tout en minimisant la consommation de ressources nécessaires à la production de leurs produits ou services. Hammer et Champy définissent le BPR comme

« le fait de repenser fondamentalement et de reconcevoir radicalement les processus de gestion pour apporter des améliorations spectaculaires aux critères de performance critiques aujourd'hui, tels que les coûts, la qualité, le service, et la réactivité. »

Le BPR découle de différentes disciplines, et quatre grands domaines peuvent être identifiés comme sujets à des changements au cours d'une telle démarche : l'organisation, la technologie, la stratégie, et les salariés, démarche dans laquelle un processus constitue le cadre commun de référence pour envisager ces différentes dimensions.

Dès 1993, Hammer et Champy identifient plusieurs « technologies de rupture » supposées remettre en cause la sagesse traditionnelle des méthodes de gestion :

- Les bases de données partagées, rendant l'information disponible à tous et partout, alors que la logique de "silos" qui prévalait jusqu'alors, dans la droite ligne de l'automatisation de tâches au sein d'un service, faisait de ce dernier le "propriétaire" et l'utilisateur exclusif des données ainsi stockées.
- Les systèmes experts, permettant à des généralistes d'exécuter des tâches de spécialistes.
- Les réseaux de télécommunications, permettant à l'entreprise d'allier instantanément les avantages de la centralisation à ceux de la décentralisation.

- Les outils d'aide à la décision, permettant à chacun d'inclure la prise de décision dans son travail quotidien (au titre de l'*empowerment*).
- La communication sans fil et les ordinateurs portables, rendant chaque salarié mobile indépendant de sa présence physique au bureau pour l'exécution des tâches qui lui sont confiées.
- Les technologies multimedia interactives, autorisant un contact immédiat avec les prospects... en attendant l'Internet !
- L'identification automatique et le *tracking* des objets, permettant à ceux-ci de signaler leur localisation, plutôt que de nécessiter de longues recherches.
- Le calcul à haute performance, autorisant l'ajustement en temps réel des la planification et du suivi de son exécution.

Plus tard d'autres technologies viendront enrichir la panoplie (et le marketing de leurs fournisseurs !), comme les outils de gestion de *workflow* ou les ERP (*Enterprise Resource Planning*).

C'est donc le grand retour de l'organisation et de la notion de procédure, définitivement rebaptisée processus.

2.4. Le problème de l'intégration

Mais à cette époque, il n'est plus, nulle part, possible de partir d'une table rase pour mettre en place le système d'information idéal pour appuyer les efforts de *reengineering*.

On se trouve face à trois ou quatre décennies de systèmes empilés, patrimoine hétérogène multi-fonctions, multi-silos, créés en fonction des jeux de pouvoir du moment, des priorités correspondantes, sans oublier les modes technologiques.

On constate d'ailleurs, au cours des décennies 1960 à 1990, un curieux parallèle – où est la poule, où est l'œuf ? – entre les offres commerciales des constructeurs d'ordinateurs et les modes qui sévissent en matière de management. Au modèle historique de l'entreprise pyramidale, centralisée et hiérarchique selon le schéma militaire, correspondent les "mainframes" trônant dans des temples inaccessibles et servis par un clergé ésotérique d'informaticiens seuls détenteurs de la gnose. Puis, en réaction au taylorisme, viendra, dans les années 78-85, le temps du "management participatif par objectifs" prônant décentralisation et responsabilité et qui s'accompagnera de l'éclosion anarchique de systèmes décentralisés, à base de mini-ordinateurs⁸⁶ et des premiers réseaux locaux de microordinateurs, exploités directement par les unités qui en prennent la totale responsabilité, avec des conséquences prévisibles en termes de communication entre silos. Quand apparaîtra

⁸⁶ Type de machine qui a totalement disparu après l'émergence des micros, mais qui apportait des solutions plus souples que les mainframes dans leur mise en œuvre et leur exploitation, d'un coût autorisant un niveau de décision très décentralisé pour l'investissement qu'ils représentaient, avec l'inconvénient que HP, Digital et autres fournissaient des matériels et des logiciels totalement incompatibles d'une marque à l'autre...

la notion d'"entreprise étendue" et plus ou moins "virtuelle", la technologie sera en mesure d'offrir des réseaux de machines physiques ou virtuelles, à la topologie dynamique et reposant, enfin, sur des standards de communication.

De plus ces systèmes ont été fréquemment "enrichis" — en fait complexifiés — par des fusions - acquisitions, sources d'ajouts fonctionnels. En effet, on retient souvent, après ce type de rapprochements d'entreprises, les modules les plus intéressants issus des deux sources, visant une gestion optimisée du nouvel ensemble, mais générant ainsi, pour ce louable objectif, de nouvelles hétérogénéités fonctionnelles et techniques.

Les décennies de création d'applications non communicantes entre elles, soit par simple modernisation technologique de l'automatisation mise en œuvre à l'époque de la mécanographie, soit faute d'une autorité bénéficiant du recul nécessaire pour conserver cette vision de la "totalité" évoquée ci-dessus. Il est aussi vrai que les démarches de type "schéma directeur", fort en vogue des années 75 à 90, ont conduit, en raison des délais déraisonnables auxquels ils conduisaient pour la réalisation de projets souvent pharaoniques, les "utilisateurs", c'est-à-dire les gestionnaires – clients internes –, à mettre en place de manière "sauvage" des palliatifs à usage local peu préoccupés de partage de données ou d'interconnexions avec d'autres secteurs de l'entreprise.

Il aurait certes été utile de réécrire des applications qui par strates successives avaient accumulé les approximations de plusieurs générations de développeurs. Mais, outre le fait que le peu de goût de ceux-ci pour la documentation de ce qu'ils réalisaient a conduit à des situations délicates dès lors qu'il s'agissait de modifier certains programmes existants – comme on l'a redécouvert lors des homériques passages à l'an 2000 et à l'euro –, ceux qui tiennent les cordons de la bourse rechigneront toujours à réinvestir dans la reconstruction quasiment à l'identique et sans valeur ajoutée de systèmes qui n'auront mal vieilli que parce que mal nés.

2.5. La quête du Graal

Inutile dans ces conditions d'évoquer la consolidation comptable des données de gestion ainsi éparpillées au sein des îlots applicatifs successivement développés aux quatre horizons d'une entreprise.

C'est pourtant bien de cette problématique qu'émergeront successivement deux axes d'intégration des systèmes d'information.

Le premier est celui de l'EAI (*Enterprise Application Integration*) dont l'objet est l'interopérabilité et l'organisation de la circulation de l'information entre ces applications historiquement disjointes et hétérogènes, c'est-à-dire qu'un tel système vise à faire communiquer les différentes applications constituant le système d'information de l'entreprise, y compris, aujourd'hui, avec celles des clients, des partenaires ou des fournisseurs, éléments de "l'entreprise étendue".

Le deuxième axe apparu progressivement pour intégrer les systèmes d'information, au lieu de procéder par des aménagements a posteriori, agit en amont lors des efforts de reconception. C'est la principale raison du succès d'un progiciel comme SAP, qui, en dépit de lourdeurs technologiques pénalisantes au départ, a connu le succès que l'on connaît par une stratégie marketing visant non les directions informatiques, mais les directions générales.

Le progiciel, au lieu d'automatiser des processus définis par chaque unité de gestion au niveau microscopique, apporte une structure de processus suffisamment souple et adaptable, mais déjà éprouvée à des milliers d'exemplaires pour les principales tâches de gestion, permettant de concentrer les efforts créatifs sur les domaines spécifiques de l'entreprise qui constituent ses atouts concurrentiels.

C'est l'intégration a priori, fruit des progrès technologiques, mais instillée par la volonté au plus haut niveau de faire de ces technologies l'instrument d'une stratégie et d'une philosophie de gestion et non un but en soi.

Il n'est pas sûr que les formations dispensées à nos jeunes diplômés envisagent de telles technologies à cette aune. Il n'est qu'à en juger par les leçons que tirent les jeunes ingénieurs au bout de deux ans passés le nez dans le paramétrage de semblables ERP...

Depuis quelques années, l'urbanisation des systèmes d'information est à la mode. Compte tenu des empilages évoqués ci-dessus, l'effort de rationalisation s'apparente en effet au remodelage de banlieues hétéroclites, un peu à la façon dont se présentait le quartier de La Défense à la fin des années 1950.

3 Evolution de la formation

3.1. Les prémices d'un enseignement spécialisé

L'utilisation des machines comptables, des machines à cartes perforées (trieuses, interclasseuses, tabulatrices, calculatrices, imprimantes...) pour la gestion administrative et commerciale, a créé des tâches particulières nouvelles liées au « traitement automatique de l'information » (analyse, saisie et organisation des données, programmation, exploitation des résultats...). Le développement des métiers de la mécanographie, leur évolution technologique rapide exige des enseignements nouveaux. Un brevet professionnel est créé en 1944 et en 1946 un CAP de mécanographie (rappelons que cette technologie a commencé à se répandre en Europe à la veille de la Première Guerre Mondiale !). Ce n'est qu'en 1952, au Lycée technique de Mâcon, qu'une formation initiale pour mécanographes est mise en place ; elle est tournée vers l'entretien et la maintenance des matériels. Un arrêté du 26 septembre 1957 institue le Brevet de Technicien Supérieur de "la mécanographie à cartes perforées et de ses prolongements électroniques" qui est préparé en lycée technique. Simplement une grosse trentaine d'années de retard sur les Etats-Unis pour ce qu'on appellera plus tard l'enseignement de l'informatique de gestion...

Du côté de l'enseignement supérieur, les Universités valorisent Algol qui est à l'origine de multiples langages scientifiques. Dans la première moitié des années 50, une vingtaine d'ordinateurs sont dans des universités, des instituts et des laboratoires (Conservatoire National des Arts et Métiers). Des diplômes scientifiques apparaissent, mais restent rares.

3.2. Les écoles d'ingénieurs

3.2.1 De 1960 à la décennie 1990

Il n'y a pas encore, dans les années 60, de véritable distinction entre ce qui relève de l'électronique, qui a commencé à se développer dès avant la seconde guerre mondiale. C'est cet aspect qui prédomine autour de la structure des calculateurs. Les options purement « Informatique » apparaîtront tardivement⁸⁷. L'enseignement des technologies numériques est alors très théorique, l'investissement dans le matériel ne permettant pas un développement massif des travaux pratiques. La machine est un ordinateur central, le plus souvent exploité en batch, et les étudiants n'ont pas accès au « saint des saints ». Et l'on se souviendra que les microordinateurs ne commenceront à se répandre, là où les crédits le permettent, que dans le troisième tiers des années 1980.

De plus, dans un marché qui n'est pas encore consolidé, le problème de la compatibilité matérielle et logicielle va être à l'origine d'une débauche d'efforts, sous influence de la course concurrentielle aux standards⁸⁸ que le monde de l'enseignement aura du mal à débroussailler pour donner aux étudiants une vision claire des principaux concepts en jeu. Toujours l'opposition entre l'idéal intellectuel cher aux chercheurs et les plates réalités requises par le marché !

C'est une époque où les praticiens, ingénieurs ou non, sont majoritaires parmi les enseignants, les enseignants-chercheurs titulaires d'un doctorat n'étant pas assez nombreux et la réglementation de l'époque n'imposant d'ailleurs pas de quotas en la matière.

Une certaine confusion s'installe alors en France dans l'enseignement de ce qui, sous le vocable global d'informatique, recouvre à la fois les disciplines identifiées et codifiées par les anglo-saxons comme *software engineering*, *computer engineering* et *computer science*. Sans oublier réseaux et télécommunications, dont l'intégration avec l'informatique renforce progressivement la vogue de leur enseignement, avec une corrélation plus ou moins floue aux domaines précédents.

Il eût peut-être été bon de commencer par se mettre d'accord sur les objectifs qui sont ceux d'un génie logiciel maîtrisé, et, partant, ceux qui devraient piloter la mise en place des programmes de formation correspondants.

⁸⁷ J'ai personnellement fait partie de la première promotion de cette option à l'ENST – aujourd'hui Telecom ParisTech – en 1969 !

⁸⁸ Qui ne prendra fin qu'à la fin des années 90 avec l'émergence de standards de facto de connectivité apportée par Internet

Parmi les impératifs évidents, on va trouver les capacités d'innovation et les améliorations de productivité que permettront les systèmes élaborés, compte tenu du poids croissant que prennent les technologies de l'information dans le fonctionnement de l'économie des affaires.

Alors que l'on continue à observer d'inadmissibles difficultés de mise en place et d'exploitation dans ce type de systèmes, il est trop souvent nécessaire d'incriminer un manque de cohésion et de cohérence entre l'approche "métier" et les technologies mises en œuvre. Avec l'accroissement de la complexité, des démarches rigoureuses de qualité dans la conduite des projets – dans la phase non récurrente – et de maintien du niveau de service défini contractuellement avec l'utilisateur – client – dans la phase d'exploitation – deviennent pourtant essentielles pour mettre en place les fonctionnalités attendues qui, seules, procurent une véritable valeur ajoutée.

Mais la qualité et sa gestion sont enseignées aux ingénieurs « industriels » plutôt qu'aux futurs informaticiens...

Dès les années 1990, le besoin d'évolutivité de tels systèmes découle directement de la rapidité des changements des structures économiques (fusions et acquisitions), des processus (*supply chain* ou relation clients...) et des technologies sous-tendant de nouveaux produits avec des exigences de *time-to-market* généralement serrées.

L'ingénieur devra également, pour cette même raison, faire face à des attentes accrues en termes de sécurité des systèmes à base de logiciel qu'il produira. Mais il devra être également conscient que la notion de logiciel hautement sécurisé, sans erreurs, représente un objectif qui n'est pas totalement hors d'atteinte, mais a été, pour des raisons simples d'équilibre entre prix de revient et risques consentis, recherché et obtenu uniquement dans des domaines précis, tels que les secteurs de l'aéronautique, de l'espace, ou des systèmes militaires.

De manière générale, l'expansion de l'usage des systèmes informatisés à un large public non professionnel (cas des sites Internet grand public) propulse les besoins non fonctionnels sur le devant des préoccupations dans une architecture digne de ce nom. Si, bien sûr les besoins fonctionnels, que l'on vient d'évoquer, doivent être satisfaits sans faille, les besoins non fonctionnels deviennent déterminants dans la structure, le dimensionnement et, partant, le coût, des systèmes. Eux qui ont nom performance – temps de réponse sous une charge définie contractuellement, par exemple –, capacité à évoluer en cas de montée en charge, en anglais *scalability* –, disponibilité – qu'il s'agisse de la définition planifiée des plages de fonctionnement ou des paramètres acceptables en cas d'interruption de service –, connectivité – aux systèmes extérieurs –, etc.

La "maintenabilité" des systèmes, exacerbée par l'intégration croissante des composants logiciels, constitue l'un de ces besoins dont on n'a pris conscience qu'assez tardivement. Or, trop souvent la mise en perspective historique est négligée, posant à terme des problèmes graves de maintien des systèmes en conditions opérationnelles. Quand on sait, par exemple, qu'un navire de combat a

une durée de vie d'une quarantaine d'années, la Marine Nationale a connu récemment de graves difficultés dans la maintenance évolutive de certains systèmes embarqués à base de calculateurs Bull Mitra datant des années 70, faute d'avoir pu conserver des compétences sur ce type de systèmes, qui souffraient par ailleurs de graves lacunes de documentation des programmes.

Une vue unifiée de la démarche de développement, qu'il s'agisse de moderniser, étendre, construire, intégrer, déployer un système, s'impose donc.

3.2.2 La situation d'aujourd'hui : Nouvelles technologies ou nouveaux usages ?

On s'aperçoit, depuis quelques années, que l'apport essentiel des technologies qui émergent successivement des apports de la recherche s'énonce moins en termes de performances que de nouvelles possibilités – voire de bouleversements de la vie quotidienne individuelle et professionnelle – liées aux usages innovants qu'elles

Des exemples significatifs des défis à relever pour le monde des ingénieurs se trouvent dans l'application de ces technologies au développement durable (énergie et urbanisme), au domaine de la santé, de la rétro-ingénierie du cerveau (visant, entre autres, à faire progresser l'intelligence artificielle en bâtissant des simulations précises de cet organe), de l'univers de la culture, de la sécurisation des réseaux (ne négligeant pas la psychologie des utilisateurs), Internet des objets "intelligents" et "communicants" (fondé sur le RFID et les technologies sans contact) ou de la mise en place d'un cloud computing réaliste (dans un modèle économique définissant clairement les unités d'œuvre consommées et leur mesure pour mettre à disposition des marchés une véritable puissance informationnelle à la demande), sans omettre les Systems on a Chip et les technologies Machine to Machine.

À travers Internet, la mobilité, la géolocalisation, la "pervasivité", nous vivons des évolutions importantes, voire essentielles, mais qui relèvent de l'évolution logique de la révolution informationnelle, au même titre que le passage de la motricité à la mobilité.

De manière homologue, toutes ces technologies émergentes posent donc des problèmes davantage liés aux usages qu'à une remise en cause systémique ou épistémologique. Et ces problèmes sont corrélés à des aspects psychologiques, sociologiques, marketing ou juridiques, rendant la tâche d'un ingénieur beaucoup plus complexe que la classique étude de faisabilité ou de rentabilité d'un produit plus traditionnel.

4 Prémisses du futur

Enfin, pour permettre au futur Musée de l'Informatique et de la société Numérique en France d'articuler le passé avec le futur, ayons l'immodestie d'évoquer les principales propositions de Pasc@line, développées dans les rapports

Économie numérique, innovation et enseignement : quelles conséquences ?⁸⁹ et Développement d'une société numérique cohérente : Pour une formation à une écologie de l'arbre des compétences^{90 91}, qui peuvent se résumer ainsi :

Dépassant le développement de doubles diplômes entre écoles d'ingénieurs et de management qui se cantonnent à concaténer les enseignements sans véritablement aider à en faire une synthèse transversale, il s'agit, dans une optique d'approche interdisciplinaire nécessaire à la conception et la mise en place de systèmes complexes de services, de développer une formation de "professionnels aux compétences taillées pour le numérique"⁹², pour structurer sur trois niveaux l'arbre des compétences d'un ingénieur ou d'un cadre supérieur :

- Les racines s'ancrant dans la formation traditionnelle d'ingénieur à la française tout en s'ouvrant à d'autres formations susceptibles, au-delà de la traditionnelle sélection sur les mathématiques d'apporter une rigueur équivalente à partir de compétences et de tournures d'esprit différentes.
- Le tronc, pilier vertical alimenté par ces racines, fondant les expertises propres aux différents profils de métiers d'ingénieurs aussi bien en connaissances, en compétences et en savoir-être.
- La ramure des compétences fortement pluridisciplinaires que chacun, après une première phase de formation initiale, va devoir développer au cours de sa vie professionnelle, en prenant appui au moment nécessaire sur la formation tout au long de la vie.

Ce développement de compétences transverses, permettant à des cadres visant d'évoluer à partir de leurs fonctions techniques initiales, pourra s'étendre au long de la vie professionnelle, Pôles de compétitivité et IRT⁹³ aidant à mettre en place le nécessaire écosystème mêlant services et industrie – et plus particulièrement les PME.

Du fait des enjeux de diffusion, d'innovation et d'usage des services et produits numériques, il conviendra d'imprégner en profondeur les racines et le tronc d'une telle formation de contenus relevant des Sciences Humaines et Sociales (SHS), en particulier à travers l'insertion de celles-ci dans des projets multidisciplinaires.

Les travaux de Pasc@line autour de la mise en place d'une approche compétences dans l'enseignement supérieur convergent également vers la nécessité de tels projets.

⁸⁹ Publié en mai 2011 et disponible à l'adresse

http://www.assopascaline.fr/index.php?option=com_content&task=view&id=225&Itemid=137

⁹⁰ Libre traduction de ce que l'on nommerait en anglais "Tree-shaping engineering education"

⁹¹ Publié en décembre 2011 et disponible à la même adresse

http://www.assopascaline.fr/index.php?option=com_content&task=view&id=225&Itemid=137

⁹² Libre traduction des "T-shaped professionals" issus de la "Tree-shaping engineering education"

⁹³ Instituts de Recherche Technologique

Dans le même esprit, il convient de promouvoir, comme outil d'orientation pour le futur professionnel, la formation par alternance, sous toutes ses formes (apprentissage, années de césure...), en renforçant sérieusement la coordination des tuteurs académiques et d'entreprise.

5 En forme de conclusion

En considérant le continuum scientifique et technologique et en prenant conscience des limites d'un enseignement souvent trop cloisonné⁹⁴, il semble que le futur Musée de l'Informatique et de la société Numérique en France se doive de souligner l'importance de la notion d'intégration dans tous types de systèmes numériques et de mettre en lumière les efforts pédagogiques entrepris au fil du temps et destinés à combler les lacunes successivement identifiées par une multidisciplinarité active et volontariste.

Longue vie au Musée !

⁹⁴ Et nous n'avons pas parlé de l'enseignement universitaire !...

De l'informatique pédagogique et de sa place dans un musée de l'informatique et de la société numérique

Bastien Guerry

1 Introduction

Un musée de l'informatique et de la société numérique ne peut pas être un entrepôt d'ordinateurs éteints, ni se contenter d'exposer des visiteurs passifs à des données sociologiques. Les ordinateurs doivent être utilisés et les visiteurs doivent pouvoir interroger les éléments de sociologie du numérique, les mettre en perspective. Mais que faire des ordinateurs allumés ? Comment présenter des faits historiques et des données de manière vivante ? Quelles activités, quelles interactivités mettre en place autour des objets d'un tel musée ? Ces questions reviennent à celle, plus fondamentale, de la *pédagogie* à mettre en oeuvre.

Voici les trois thèses que nous développerons dans cet article : (1) il n'existe pas de « culture générale » de l'informatique mais de multiples cultures, qui ne communiquent les unes avec les autres que par certains aspects superficiels ; (2) le lien entre pédagogie et informatique est un lien fondamental, irréductible à une histoire de l'informatique scolaire ; (3) c'est en comprenant ce lien qu'il devient possible de lier les différentes cultures informatiques entre elles et de les rendre vivantes.

Notre objectif est de comprendre pourquoi les rapports si particuliers qu'entretiennent informatique et pédagogie doivent avoir une place à part dans ce projet de musée et d'esquisser quelques pistes pour définir cette place.

2 Une culture générale de l'informatique ?

Nous voyons d'ici la scène : un grand-père montre à sa petite fille une carte perforée, et tente de lui expliquer à quoi elle sert. S'il n'arrive pas à lui faire comprendre le contexte technique dans lequel fonctionnait cette carte, il lui racontera une anecdote sur la manière dont les cartes ont changé son métier, la redistribution des plaisirs et des peines dans le maniement des machines, d'abord avec ces cartes, puis avec les technologies qui les ont remplacées. Il conclura en se disant, peut-être à voix haute, que tout cela est très difficile à imaginer. Les deux sentiront le fossé culturel qui sépare leurs représentations de l'informatique, et il y a

peu de chances que l'enfant associe ces cartes à des objets informatiques qui lui sont familiers ou à des concepts informatiques toujours en cours. De manière générale, les objets d'un musée de l'informatique risquent de rester déconnectés les uns des autres et de ne « parler » qu'à un petit nombre de personnes. Que faire avec les objets de ce musée ?

Une idée serait de solliciter les associations de passionnés et de leur demander d'animer des ateliers autour des machines dont ils sont la « mémoire vive » : ils pourraient faire des démonstrations, initier des visiteurs, les inviter à mettre la main à la pâte. Mais peut-être faudra-t-il solliciter autant de clubs qu'il existe de machines, et ces communautés pourraient ne pas faire bon ménage entre elles⁹⁵. Nous nous heurtons là à une première difficulté : l'histoire de l'informatique est en partie celle des nombreuses communautés qui se sont identifiées à telle ou telle machine, tel ou tel langage, et qui ne se reconnaissent pas forcément dans les pratiques des autres communautés. C'est une histoire morcelée.

Supposons qu'un muséologue parvienne à relever ce défi. Un deuxième problème nous attend : combien faut-il de machines en état de marche ? Autant qu'il y aura de visiteurs ? Devra-t-on réinventer un système d'inscription où chacun pourra réserver une heure d'interaction, comme au heures des premiers machines PDP-1 ? Surgit là une deuxième difficulté : nos représentations de l'informatique, même lorsqu'elles sont partagées par une communauté, sont construites dans l'interaction intime entre un utilisateur et sa machine. Faire revivre ces rapports subjectifs passés dans l'espace et la durée limités d'un musée est peut-être impossible.

Admettons encore cette difficulté levée : différents clubs animent des ateliers pour chaque technologie, et chaque visiteur y fait une expérience l'exposant à la micro-culture qui s'est formée autour d'elle. Reste un dernier obstacle à éviter pour conserver au lieu son équilibre : comment rendre un atelier d'initiation au Lisp aussi attractif qu'un atelier autour de la X-Box ? Comment intéresser les visiteurs à des machines qui ressemblent à de gros frigidaires clignotants quand ils passeront à côté de gadgets aux atours plus attrayants ? Comment faire que la pédagogie autour des ordinateurs ne se dissolve pas dans les seules interactions ludiques ?

La raison commune de ces difficultés est celle-ci : il n'existe pas *une* culture de l'informatique, mais un agrégat de cultures disparates, plus ou moins proches les unes des autres.

Nous voyons au moins trois obstacles à l'émergence d'une culture *générale* de l'informatique : la séparation des utilisateurs dans l'espace (ou le rapport subjectif qui s'établit entre un utilisateur et une machine), l'apparente séparation dans le temps entre les technologies (ou l'idée que chaque progrès rend obsolètes les technologies passées), et la difficulté d'engager les utilisateurs au-delà du plaisir immédiat que telle ou telle interface suscite chez chacun. À ces trois obstacles correspondent trois images « romantiques » de l'informatique : celle de l'autodidacte (l'ordinateur

⁹⁵ Sans même parler des querelles qui opposent aujourd'hui les tenants d'un langage comme Python contre les adorateurs de Ruby, on se souvient des querelles qui opposaient jadis les adeptes de l'Amiga contre ceux de l'Atari.

devenant l'emblème de celui qui apprend seul, souvent en marge des institutions) ; celle d'un champ technique en perpétuelle révolution (existe-il un domaine dans lequel ce mot soit plus galvaudé ?) et celle de la génération spontanée d'usages intelligents au contact de belles machines. La figure du « hacker »⁹⁶ synthétise ces perspectives imaginaires : c'est un jeune adolescent qui apprend seul et comme en jouant à maîtriser des machines aux capacités révolutionnaires.

Au lieu d'une culture générale de l'informatique, avons en commun ces images et quelques représentations superficielles de nos interactions avec les interfaces les plus répandues – nous savons à quoi ressemble un « bureau », un « fichier », etc. mais nous ne savons pas bien ce qu'est « l'information », un algorithme ou une base de données. Ce que nous percevons en commun de l'informatique, ce sont à peine quelques usages standardisés tout à fait limités, et la possibilité que certains, plus doués que d'autres, aillent au-delà.

Nous faisons l'hypothèse (à vérifier) que notre imaginaire informatique fonctionne comme un *obstacle épistémologique*⁹⁷ à l'acquisition d'une culture *générale* informatique, laquelle irait à l'encontre de ces trois images : elle partirait de l'observation que les gens *apprennent* à se servir des ordinateurs les uns avec les autres (leurs enseignants, leurs parents et leurs amis) ; que c'est bien parce que l'informatique s'est développée autour de certains concepts clefs que nous pouvons réutiliser ce que nous savons d'un ordinateur à un autre, d'un langage à un autre ; et que c'est en dépassant le plaisir immédiat des rapports superficiels à la machine que les usages se creusent et forment une culture.

3 Du rapport entre informatique et pédagogie

3.1. Les rapports de surface : quelques traces historiques

3.1.1 Alan Turing et les machines qui apprennent

Revenons à l'article fondateur d'Alan Turing de 1950 : *Computing Machinery and Intelligence*. Après avoir proposé un cadre expérimental dans lequel il y aurait du sens à se demander si une machine peut être qualifiée « d'intelligente »⁹⁸, Turing achève son article sur des considérations concernant la capacité de la machine à *apprendre* (cf. la section intitulée *Machine learning*.) Turing imagine un apprentissage de la machine par essais et erreurs avec un système de « récompenses » et de « punitions ». La machine pourrait ainsi ajuster ses heuristiques et devenir de

⁹⁶ Pour une histoire des premiers hacks, informatique et physiques, voir *Nightwork, A History of Hacks and Pranks at MIT*, T. F. Peterson, The MIT Press, 2003.

⁹⁷ Voir *La formation de l'esprit scientifique*, Gaston Bachelard, Paris, Librairie philosophique Vrin, 1999 (1ère édition : 1938).

⁹⁸ Ce cadre expérimental est appelé par Turing « jeu de l'imitation » et sera par la suite connu sous le nom de « Test de Turing ». Dans une conversation avec Marvin Minsky, alors que je lui expliquais avoir consacré une année de travail à l'article de Turing, celui-ci me dit "... but, this paper was a joke !" Le problème de savoir si Minsky plaisantait est resté pour moi indécidable.

plus en plus apte à imiter les comportements que nous qualifions spontanément d'intelligents⁹⁹.

C'est la première fois que la notion centrale d'intelligence est aussi clairement liée aux machines à calculer : l'idée apparaît ici d'un mode d'intelligence commun aux hommes et aux machines, permettant aux uns d'apprendre et aux autres de se servir des machines pour autre chose que de simple calculs.

3.1.2 J. C. R. Licklider et l'ordinateur comme interface pédagogique

La deuxième « trace » de rapport entre informatique et pédagogie remonte à J. C. R. Licklider qui, dès le milieu des années 1950, s'amuse à écrire des programmes pédagogiques pour ses enfants. Nous n'avons pas conservé ces programmes mais d'après la description qu'en fait rapidement M. Mitchell Waldrop dans *The Dream Machine*¹⁰⁰, il pourrait s'agir de petits jeux de questions-réponses où l'ordinateur indique à l'élève s'il tombe juste ou s'il se trompe. Licklider va jusqu'à imaginer que la tonalité des réponses de l'ordinateur pourrait varier aléatoirement, afin de renforcer le plaisir et l'engagement de l'élève. Quelle que fut la nature de ces logiciels pédagogiques, c'est ici qu'apparaît l'usage de machines pour *apprendre* plutôt que pour calculer, pour *interagir* plutôt que pour donner des instructions. La finalité pédagogique donne aux problématiques d'interaction une importance nouvelle : ce n'est pas malgré eux et pour la machine que les utilisateurs interagiront avec elle, mais *pour eux* et *avec la machine*.

3.1.3 La pédagogie comme problématique ambiante aux sources de l'informatique

Intelligence et interaction : voilà les deux concepts phares, la polarité au sein de laquelle se développera l'informatique comme science et comme technique pendant les deux décennies d'après guerre.

D'un point de vue sociologique, c'est aussi la période où se dégagent au moins trois classes distinctes d'utilisateurs. D'abord la communauté des chercheurs, ceux qui explorent le champ des possibles informatiques, qui inventent les nouveaux concepts, langages et interfaces. Ensuite celle des *hackers*, ces étudiants à qui l'on donne un accès libre aux machines et qui auront le droit de « jouer » avec. Enfin celle, plus large, des opérateurs techniques, responsables de la maintenance de ces calculatrices géantes¹⁰¹. En grossissant le trait, nous dirons que les opérateurs sont les premiers à devoir apprendre à se servir de l'informatique comme d'un *outil*, que les hackers, eux, apprennent à en *jouer* (comme on apprend à jouer d'un instrument),

⁹⁹ Si le mode d'apprentissage décrit par Turing est influencé par les théories behavioristes de l'époque, Turing ne dit rien sur la pertinence de ce mode d'apprentissage pour les êtres humains, et les conclusions de son article sont indépendantes de toute hypothèse à ce sujet.

¹⁰⁰ *The Dream Machine*, Mitchell Waldrop, 2001.

¹⁰¹ À ces trois catégories s'ajoutera plus tard celle du « grand public ». Il serait intéressant de voir comment les trois attitudes décrites précédemment se retrouvent dans les différentes attitudes du grand public à l'égard des ordinateurs.

et que les chercheurs se consacrent à tout ce qui permet de faire interagir l'intelligence des machines et celle des hommes.

Il est difficile de se replonger dans l'effervescence intellectuelle de l'époque, mais nous imaginons une période où, dans un champ que les chercheurs à la fois découvrent et définissent, tout paraît à apprendre. Les mêmes personnes s'entraînaient à manipuler des ordinateurs, à leur enseigner de nouvelles techniques de calcul, à en apprendre de nouvelles façons de poser les problèmes. En lisant *The Dream Machine*, on est frappé de voir comment l'esprit de ces pionniers est imprégné de problèmes pédagogiques : repensant leur relation à l'informatique chaque fois qu'il apprivoisent un nouvel outil, ils perçoivent peu à peu que ce nouveau champ scientifique et technique aura des conséquences sur nos façons d'enseigner et d'apprendre, sur notre rapport aux connaissances et à l'intelligence.

3.1.4 *L'informatique pédagogique en amont de l'informatique générale*

Une histoire de l'informatique scolaire (c'est-à-dire de l'informatique utilisée dans les écoles) nous dirait quels outils grand public ont passé les barrières de l'institution scolaire, et ce que celle-ci en a fait. Une histoire plus générale du rapport entre l'informatique et la pédagogie nous donnera au contraire des exemples d'innovations dont la visée fut d'emblée « pédagogique », et qui eurent ensuite des répercussions sur l'informatique en général. Voici trois brèves illustrations de telles innovations.

Le premier exemple est l'invention du LOGO par Seymour Papert à la fin des années 60. La finalité du LOGO est d'abord pédagogique : le langage s'inspire du Lisp mais se veut plus facile à lire, à écrire, et surtout à *voir*, grâce au retour visuel sur les instructions que l'utilisateur donne à la fameuse Tortue. S'il est difficile d'évaluer l'impact qu'aura eu le LOGO dans les écoles où il est entré, il est en revanche indéniable que l'idée centrale d'ajouter un retour visuel aux instructions aura un impact sur la manière d'envisager la programmation, et sur l'informatique en général¹⁰².

Le deuxième exemple est la popularisation de la programmation orientée objet (POO), par Alan Kay. Ici encore, le Lisp est source d'inspiration, ainsi que le *Sketchpad*¹⁰³, une interface permettant de manipuler des objets graphiques. Le sketchpad introduit pour ces objets la notion de « patrons » (ou *masters*), ancêtres des objets en POO. En retraçant les origines de SmallTalk¹⁰⁴, le premier environnement à implémenter et diffuser largement les concepts de la POO, Alan Kay indique qu'il cherchait à ajouter une couche d'abstraction plus intuitive, plus

¹⁰² Il n'est qu'à voir aujourd'hui la résurgence de l'intérêt pour la programmation visuelle. Voir par exemple le site Web de Bret Victor sur le [Learnable programming](#) : celui-ci s'inspire largement de l'idée centrale du LOGO, réunissant dans un même espace d'interaction un programme et ses retours visuels.

¹⁰³ Voir l'article « Sketchpad » sur la Wikipédia anglaise : <http://en.wikipedia.org/wiki/Sketchpad>

¹⁰⁴ Voir *The Early History of Smalltalk*, Alan Kay, 1993. <http://gagne.homedns.org/~tgagne/contrib/EarlyHistoryST.html>

pédagogique, qui permette aux utilisateurs d'apprendre à se servir d'un ordinateur plus facilement, le tout dans une période où il pressent l'avènement de l'ordinateur personnel. Aujourd'hui, ce qui fut inventé dans une perspective d'apprentissage est devenu l'une des méthodes de programmation les plus couramment employée.

Le troisième exemple est la popularisation des ordinateurs ultra-portables par le projet *One Laptop Per Child* (OLPC), lancé en 2005. L'ancêtre de ces ordinateurs ultra-portables destinés aux enfants date de 1968, quand Alan Kay présente le *Dynabook*¹⁰⁵. Mais ce qui déclencha réellement l'émergence du marché des ultra-portables fut le projet OLPC, un projet humanitaire et éducatif visant à fournir des machines à bas prix pour les pays en voie de développement. Avant que des pays en voie de développement ne s'intéressent à ces ordinateurs, aucun industriel n'aurait parié que leur format deviendrait populaire. Depuis 2005, celui-ci est quasiment devenu plus courant que celui de nos anciens ordinateurs portables. Ici encore, c'est un projet à vocation pédagogique qui vient bouleverser le paysage de l'informatique.

Ces trois innovations ont en commun d'être issue d'une même famille de chercheurs (les héritiers des pionniers de l'après-guerre, continuant d'explorer le rapport entre intelligence et interfaces) et d'une même motivation pédagogique initiale.

3.2. *Le rapport profond : quelques concepts clefs*

J'ai présenté quelques « traces » historiques du rapport entre informatique et pédagogie et j'ai donné des exemples où l'informatique pédagogique innove en amont de l'informatique générale. J'en viens maintenant à l'exposé du rapport conceptuel entre informatique et pédagogie, au lien plus profond qui unit ces deux champs de problèmes dès les début de l'informatique.

Seymour Papert et de l'ordinateur comme catalyseur de micro-cultures

Le penseur le plus influent du rapport entre informatique et pédagogie est Seymour Papert. Nous mettrons ici en regard deux de ses articles : dans le premier, *Computer Criticism vs. Technocentric Thinking* (1987)¹⁰⁶, Papert décrit et critique l'approche *technocentriste* des questions qui entourent le LOGO comme objet informatique utilisé dans les écoles ; dans le second, *Why School Reform Is Impossible* (1995)¹⁰⁷, il souligne que notre manière d'aborder la question de l'informatique pédagogique est implicitement tributaire d'un point de vue centré sur l'école *telle qu'elle existe* – point de vue que nous appelons « école-centré ». Dans les deux cas, son objectif est de montrer qu'un ordinateur n'est pas un outil pédagogique « neutre » que l'école pourrait assimiler sans que changent avec lui les pratiques des enseignants et des élèves : l'outil informatique modifie la *culture* du

¹⁰⁵ Voir cette [vidéo](#) où Alan Kay présente le Dynabook:

¹⁰⁶ *Computer Criticism vs. Technocentric Thinking*, S. Papert, 1987, Educational Researcher (vol. 16, no. 1) ([Lien](#))

¹⁰⁷ *Why School Reform Is Impossible*, S. Papert, 1995, The Journal of the Learning Sciences, 6(4), pp. 417-427. ([Lien](#))

groupe qui l'utilise. Ce n'est donc pas l'efficacité de l'ordinateur en tant qu'auxiliaire pédagogique qu'il faut évaluer, mais la richesse pédagogique des micro-cultures qu'il fait émerger.

Le techno-centrisme est le présupposé qui transparaît immédiatement dans la question « Est-ce que le LOGO *marche* ? ». Cette question n'a de sens que si l'on imagine que le rôle de la machine est d'être un « agent actif » dans le processus d'instruction, et si l'on imagine l'apprentissage comme quelque chose qui « arrive » aux élèves, plutôt qu'un acte, une dynamique. Pour montrer comment cette manière de voir les choses ne rend pas justice à « l'expérience LOGO », Papert donne un exemple où le LOGO est utilisé *parmi d'autres techniques* pour construire des horloges. Au cours de leurs essais, les élèves utilisent le LOGO soit pour formuler une partie des problèmes qu'ils se posent, soit pour simuler entièrement une horloge. Dans les deux cas, le LOGO est vraiment un *langage*, dans toute la dimension culturelle qu'a d'ordinaire ce mot : c'est un outil pour penser, pour communiquer, pour construire et partager des problèmes – bref, un outil pour apprendre.

L'école-centrisme est un ensemble de présupposés sur l'école et les rôles de l'enseignant et de l'élève : à quoi doit ressembler une classe, un élève, un maître, leurs outils, leurs relations. Papert est pessimiste sur la capacité de l'informatique à jouer un rôle *direct* dans une réforme de l'école : celle-ci plie les nouveaux outils à ses contraintes, conservant ceux qui s'adaptent aux pratiques établies, rejetant les autres. Tant que l'informatique sera perçue comme un élément devant être *introduit* dans les écoles, les tentatives d'intégration sont vouées à l'échec car l'équilibre de l'école rendra impossible l'émergence d'une micro-culture pédagogique telle que celle décrite ci-dessus. Mais Papert est optimiste sur la capacité de la société à évoluer avec l'informatique, et de l'école à évoluer avec la société, accordant une place de moins en moins contrainte à l'ordinateur. L'école-centrisme ne sera alors plus un obstacle à l'usage de l'informatique en classe, car cet usage ce sera d'abord répandu hors de l'école : la part de l'informatique dans la culture ordinaire aura rendu l'outil plus apte à être utilisé de façon pédagogique au sein de l'école.

S'il est difficile d'imaginer l'informatique pédagogique comme outil favorisant l'émergence de micro-cultures, c'est que celles-ci doivent être contruites et conçues en résistant à la fois au techno-centrisme et à l'école-centrisme¹⁰⁸ :

[...] Si nous nous intéressons à l'élimination du technocentrisme dans la manière de penser le rôle des ordinateurs dans l'éducation, nous nous retrouverons peut-être à réexaminer nos présupposés sur l'éducation, faits bien longtemps avant l'avènement des ordinateurs. (On pourrait même soutenir l'idée que la principale contribution faite à l'éducation jusqu'à présent par les ordinateurs a été de nous forcer à repenser complètement des questions qui n'ont en elles-mêmes rien à voir avec les ordinateurs.)

¹⁰⁸ *Computer Criticism vs. Technocentric Thinking*, S. Papert, 1987, Educational Researcher (vol. 16, no. 1) ([Lien](#))

3.2.1 *Alan Kay et l'analogie avec l'instrument de musique*

Pour décrire le rôle pédagogique de l'ordinateur, Alan Kay recourt souvent à l'analogie avec un instrument de musique : un instrument ne contient pas la musique, pas plus qu'il n'instruit l'élève directement. Mais il est un « amplificateur » d'idées musicales : il donne accès à ces idées, permet de les tester, de les « jouer » – et d'en inventer d'autres. De la même façon, un ordinateur ne contient rien qui soit pédagogique en soi, mais il est un amplificateur d'idées fortes (voir le concept, récurrent chez Kay, de *powerful ideas*) : il propose un environnement dans lequel l'élève peut lire, écrire, et mettre oeuvre de nouvelles idées¹⁰⁹.

Il ne viendrait à l'esprit de personne de se demander si un élève doit apprendre la théorie de la musique *ou* le maniement d'un instrument : les deux paraissent essentiels au fait de pouvoir accéder à la musique en général. L'analogie faite par Kay permet aussi de dépasser une vision de l'informatique à l'école qui serait tournée soit vers l'apprentissage d'une nouvelle discipline soit vers l'apprentissage du maniement des ordinateurs. Dans les deux cas, c'est manquer le fait que l'informatique pédagogique est un moyen de créer un environnement dans lequel des idées fortes (qu'elles soient liées aux mathématiques, à la littérature, voire à l'informatique elle-même) puisse être « jouées » et apprises par des élèves. Kay résume cela : l'interface informatique doit être une interface d'apprentissage.

Cette analogie avec la musique permet en outre à Kay de noter que le problème des efforts à faire pour apprendre avec l'informatique est un faux problème : lorsqu'un élément de culture semble assez important à ses aînés, un enfant fait l'effort de l'apprendre. Ainsi de la musique et du sport. Ainsi, peut-être, de l'informatique, le jour où le fait de comprendre ce qu'elle est et ce qu'elle peut sera devenu culturellement discriminant¹¹⁰.

3.2.2 *D. Engelbart et J. C. R. Licklider : Framework et « symbiose »*

Micro-cultures et idées fortes : deux concepts indépendants à la fois de l'outil informatique et des contenus mêmes de l'apprentissage, mais qui sont au coeur de la relation informatique/pédagogie. Ce deuxième concept d'idées fortes apparaît pour la première fois en lien avec l'informatique dans les travaux de Douglas Engelbart¹¹¹:

Par « augmentation de l'intellect humain », nous entendons la capacité croissante pour un homme d'approcher une situation problématique complexe, de gagner en compréhension de ce dont il a besoin, et de trouver des solutions à ses problèmes. [...] Nous ne parlons pas d'astuces isolées qui aident dans une situation particulière. Nous faisons référence à un mode de vie intégré dans lequel les intuitions, les essais, tout ce qui relève de l'intangible et du « sentiment d'une situation » coexistent de manière efficace

¹⁰⁹ L'environnement SmallTalk s'appuie sur la complémentarité des approches kinesthésiques, visuelles et symboliques : Alan Kay explique ces approches et leur combinaison dans [cette vidéo](#).

¹¹⁰ Voir *Powerful Ideas Need Love Too!*, Alan Kay, 1995. ([Lien](#))

¹¹¹ *Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework*, Douglas Engelbart, October 1962. ([Lien](#))

avec des concepts forts, une technologie et une notation fluides, des méthodes sophistiquées, et des aides électroniques très puissantes.

Pour décrire l'environnement dans lequel un utilisateur peut expérimenter ces « idées fortes », Engelbart utilise la notion de *Framework*, voisine de celle de *symbiose* déjà mise en avant depuis longtemps par Licklider. Ces deux notions suggèrent que le rapport d'un utilisateur à un ordinateur va au-delà du rapport d'une personne à un *outil* : celui-ci est extérieur, contingent, dirigé vers une finalité qui n'est ni dans l'outil ni dans la personne qui s'en sert ; celui-là est un rapport réflexif, où l'homme et la machine sont formés un tout *intégré*, et où la finalité n'est pas nécessairement tournée vers l'extérieur.

La marteau est une extension de l'homme plantant un clou, mais la relation avec l'ordinateur instaure un *cadre*, un environnement où l'homme et la machine dialoguent pour accomplir des tâches dont certaines sont définies hors de l'environnement, d'autres à l'intérieur. Vu ainsi, l'environnement informatique crée un « double » de l'esprit, sachant exécuter certaines tâches mieux que moi, d'autres moins bien ; mais tant qu'une interface facilite nos interactions, ces différences forment un espace *pédagogique*. C'est toute la vision contenue dans l'idée de *symbiose* développée par Licklider, puis plus tard dans celle de *Framework* mise en oeuvre par Douglas Engelbart¹¹².

3.2.3 *L'ubiquité de l'informatique comme science et comme technique : un espace pédagogique ?*

Licklider formule son idée de *symbiose* à une époque où l'informatique n'est ni tout à fait une science, ni seulement une technique, et il la précise à l'aide de la notion de « modèles dynamiques ». Les sciences établissent des modèles : la valeur de ces modèles est dans leur force prédictive et l'universalité de leur description. Mais un programme informatique est plus que cela, c'est un *modèle en action*. Interagir avec un ordinateur, c'est créer une relation dynamique entre un modèle en action et les représentations d'un cerveau. Comment mieux cerner ce qui fait l'essence de l'acte d'apprendre ? Dans *Role Models, Mentors, and Imprimers and Thinking*¹¹³, Marvin Minsky va jusqu'à proposer d'imaginer qu'un élève fonctionne *comme un ordinateur*, et qu'apprendre avec un ordinateur, c'est progressivement résoudre les problèmes qui se posent au couple ordinateur-élève, dans sa dynamique. Et l'on note au passage le renversement de la perspective de Turing : ce n'est plus l'élève qui sert de modèle pour penser l'apprentissage des ordinateurs, mais l'ordinateur qui sert de modèle (au moins méthodologique) pour penser l'apprentissage par l'élève.

Au cœur de la relation entre informatique et pédagogie, nous avons donc ces trois concepts : idées fortes, micro-cultures, environnement. Ce que nous appelons la

¹¹² La démonstration du premier *framework* proposé par Engelbart est connue comme la « mère de toutes les démonstrations ». Voir la série de vidéos [ici](#) et [l'article](#) de la Wikipédia anglophone.

¹¹³ OLPC Memo 3, *Role Models, Mentors, and Imprimers and Thinking*, Marvin Minsky, 2008. <http://web.media.mit.edu/~minsky/OLPC-3.html>

relation « profonde » entre l'informatique et la pédagogie se résume ainsi : l'interaction homme-machine crée un *environnement dynamique* dans lequel l'homme peut découvrir et manipuler des *idées fortes* (à un premier niveau subjectif de réflexivité), et le partage de cet environnement crée une *micro-culture* (à un deuxième niveau collectif de réflexivité) dans laquelle les uns et les autres *apprennent*.

4 Un musée pédagogique de l'informatique ?

Est-ce que l'exposé de ce rapport « profond » entre informatique et pédagogie peut nous indiquer quelle pédagogie mettre en oeuvre au sein d'un musée de l'informatique et de la société numérique ? Quelles activités imaginer qui, tout en donnant accès à des cultures numériques spécifiques, permettent d'en abstraire les traits communs et de les faire communiquer entre elles ?

4.1. *Babel : inventer son langage de programmation*

Nous prendrons ici l'exemple d'une activité imaginaire que nous baptisons *Babel*, et dont le principe est de permettre à des visiteurs d'inventer un langage informatique. Un premier but serait d'être exposé par degrés à quelques unes des contraintes qui donnent aux langages l'allure qu'on leur connaît ; un second but, plus élaboré, pourrait être de transformer le visiteur (sur place ou en ligne) en « apprenti informaticien-linguiste », capable de trouver des rapports entre le langage qu'il invente et ceux qui existent.

Imaginons pour cela une interface simple : dans la moitié droite de l'écran, l'ordinateur attend que l'utilisateur dessine un objet ; dans la moitié gauche, l'ordinateur attend que l'utilisateur associe un nom à cet objet. Par exemple : l'utilisateur dessine un rond et l'appelle *rond*. Ce rond est celui affiché à l'écran, ce n'est pas un rond en général. En plus de dessiner des objets, l'utilisateur pourrait ensuite *agir* sur eux, et enregistrer le nom des actions. Par exemple : l'action de choisir le rond dans la pile d'objets disponibles et de le faire apparaître au centre de l'écran serait nommée *afficher rond*. Au sein de ces deux registres (d'objets et d'actions), l'utilisateur construirait les éléments primitifs d'un langage par accumulation de noms et de verbes, lesquels seraient tous très spécifiques au départ¹¹⁴. Puis il serait invité à écrire un programme mettant en oeuvre les éléments de l'univers qu'il aura défini.

En coulisse, la machine contiendrait un moteur de suggestions pour guider l'utilisateur dans une démarche d'abstraction. Dans *J'affiche le rond* est-ce « J' » et « le » sont indispensables ? Est-ce que *afficher rond* et *rond afficher* sont équivalents ? Outre la définition progressive de contraintes grammaticales, le logiciel aiderait à abstraire des classes d'objets, d'actions, et de conditions-actions. Par exemple : la classe *rectangle*, la classe *déplacer*, et la classe *si un objet de classe X est à gauche*

¹¹⁴ ... tellement spécifiques que nous sommes encore à la limite de ce qui s'appelle réellement « langage » en informatique.

de la ligne centrale, le cloner à droite par symétrie axiale. Si possible, en même temps que son langage gagnerait en abstraction, l'utilisateur disposerait d'un espace où il pourrait accéder visuellement aux objets, actions et structures conditionnelles, comme c'est le cas dans un logiciel comme *Turtle Arts*¹¹⁵.

Babel rappellera les activités Scratch¹¹⁶ et Etoys¹¹⁷ à ceux qui connaissent ces environnements inspirés du LOGO et de la Tortue. Sauf qu'il ne s'agirait pas d'apprendre à programmer à partir de blocs *prédéfinis*, mais de comprendre la démarche d'abstraction à partir d'éléments visuels et symboliques *définis* par l'utilisateur. Comme motivation, celui-ci pourrait avoir à relever un défi du genre « faire se déplacer une voiture de gauche à droite de l'écran, puis de droite à gauche quand elle heurte le bord droit » ; essayer d'écrire un programme avec le langage inventé par son voisin, etc. D'autres extensions sont imaginables, comme de voir les affinités du langage inventé avec d'autres langages existants.

4.2. *S'inspirer de la démarche des design patterns*

En informatique, un « patron de conception » (*design patterns*) est une solution générique utilisée pour la conception de logiciels. Ce n'est pas une solution propre à un langage mais à une classe de problèmes : ce sont les éléments primitifs d'une *architecture* modulaire des logiciels¹¹⁸.

Notre logiciel imaginaire *Babel* permet de comprendre comment passer d'objets et d'actions spécifiques à un *programme générique*, en laissant le visiteur libre du langage dans lequel il décrira l'univers des objets et des actions possibles. D'une façon similaire, et en s'inspirant de la démarche des patrons de conception, on pourrait permettre aux visiteurs de tenter des rapprochements entre différents logiciels sous l'angle des problèmes qu'ils résolvent et des solutions qu'ils implémentent. A partir d'une description d'abord informelle de leur comportement, le visiteur serait amené à formaliser et abstraire sa description progressivement, jusqu'à atteindre un niveau où problèmes et solutions sont communs à plusieurs logiciels.

Ce travail pourrait se faire autour de logiciels devenus des « classiques » de l'histoire de l'informatique. Pour ne prendre que deux exemples, un éditeur de texte et un jeu du type *Arkanoid*¹¹⁹. Quel est le domaine des problèmes propres à un éditeur de texte ? Quelles sont les solutions apportées par différents éditeurs de texte à tous ces problèmes ? Quels modes d'interaction sont mis en place par les uns et les autres ? Même questions pour le jeu *Arkanoid*. Se concentrant ainsi sur des

¹¹⁵ Voir l'activité *Turtle Arts* de l'environnement pédagogique libre Sugar: http://wiki.sugarlabs.org/go/Activities/Turtle_Art

¹¹⁶ <http://scratch.mit.edu/>

¹¹⁷ <http://www.squeakland.org/>

¹¹⁸ Pour une présentation rapide des idées de Christopher Alexander, voir "Une expérience d'urbanisme démocratique", Éditions du seuil, 1976. La théorie des *design patterns* est plus concrètement détaillée dans *A pattern language*, Oxford University Press, 1977.

¹¹⁹ Voir la page de la Wikipédia anglophone sur ce jeu et son histoire. <http://en.wikipedia.org/wiki/Arkanoid>

classiques, le visiteur apprendra à les « lire » autrement, à aiguïser un regard critique sur des grands problèmes, communs à de nombreux logiciels.

4.3. Une critique de l'informatique ?

Les exemples ci-dessus paraîtront certainement trop exigeants ou trop difficiles à mettre en place dans l'espace et le temps limités d'une visite de musée, mais ils illustrent la manière dont le lien profond entre informatique et pédagogie peut inspirer des activités dont le but est de *créer des liens* entre les aspects épars de nos cultures informatiques. Du lien entre les langages informatiques, entre les logiciels, entre les interfaces. Ils relèvent de ce que nous appelons, après Papert, une *critique informatique*.

La « critique informatique » (*computer criticism*) est l'expression que Papert oppose au technocentrisme¹²⁰. Il définit cette activité en la comparant à la critique littéraire : une critique informatique n'est pas un jugement sur la qualité ou l'efficacité d'un logiciel, pas plus qu'une critique littéraire n'est un jugement sur la qualité ou l'efficacité d'une oeuvre. C'est une exploration active, une tentative pour comprendre les problèmes que l'oeuvre pose, et le champ esthétique dans lequel elle tente de les résoudre. C'est une recherche qui plonge dans la relation entre l'oeuvre et son public, plutôt qu'une description extérieure d'une oeuvre qui existerait objectivement.

Selon la suggestion de Papert, il en irait de même pour la critique informatique : il faudrait plonger à l'intérieur non seulement des logiciels mais surtout des environnements, des micro-mondes qu'ils créent avec l'utilisateur, de la micro-culture qu'ils induisent dans un groupe, pour explorer les idées qui en émergent, définir le domaine des problèmes et des solutions. On est tentés de donner une dimension kantienne à cette « critique » : son rôle est de déterminer les limites des interactions rationnelles à l'oeuvre entre un homme et une interface informatique, la redéfinition du champ des possibles que cette interface opère.

5 Conclusions

Nous rêvons d'un musée de l'informatique et de la société numérique qui soit le lieu où résister aux trois « images » mentionnées au début de cet article. Premièrement parce que c'est un espace privilégié pour prendre conscience des rapports *collectifs* que nous entretenons avec tel ou tel objet numérique ; ensuite parce que ce lieu mettrait l'accent sur la *continuité historique et conceptuelle* qui relie ces objets les uns aux autres ; enfin parce que les muséologues ont l'habitude de devoir rendre attrayants et intéressants des objets qui ne le sont pas d'ordinaires. En déconstruisant l'image du « hacker » solitaire, le musée poserait les fondements d'une culture générale de l'informatique.

¹²⁰ *Computer Criticism vs. Technocentric Thinking*, S. Papert, 1987, Educational Researcher (vol. 16, no. 1) ([Lien](#))

Nous croyons aussi que c'est au musée de construire cette culture, non à l'École. Sans haut-lieu d'une culture informatique générale, l'École pourra bien sûr intéresser les élèves à une vision riche et englobante de l'informatique, mais nous croyons que c'est au musée de définir cette vision, comme c'est le musée qui fait les Beaux Arts avant que l'École ne les enseignent.

Dans *Du Contrat Social*¹²¹, Rousseau définit l'opinion publique et les mœurs comme la clef de voûte de tout l'édifice législatif – clef qu'il est impossible à décréter, mais sur laquelle tout repose. Il en va de même pour la culture générale de l'informatique : elle est impossible à décréter, mais c'est sur elle que repose notre rapport quotidien aux objets numériques. Nous souhaitons un musée qui ne soit pas le simple reflet de ce rapport spontanément décousu et contingent, mais qui aide à comprendre ce rapport en profondeur, et qui mette en place des outils pédagogiques pour l'expérimenter.

Nous avons exploré quelques aspects des débuts de l'informatique dans le but d'y repérer l'omniprésence, factuelle voire conceptuelle, des questions pédagogiques, et nous espérons que ces problématiques aideront à concevoir les outils dont ce musée disposera pour poser les fondements d'une culture générale de l'informatique. À l'heure où les musées intègrent de plus en plus le numérique dans leurs pratiques, l'invention d'une pédagogie numérique autour de l'informatique serait une aventure passionnante.

¹²¹ *Du Contrat Social*, Chapitre 2 division 12. J.-J. Rousseau, 1762. ([Lien sur Wikisource](#).)

L'informatique dans les écoles, collèges et lycées français

Plus de 40 années de présence active de l'EPI

Jacques Baudé ¹²²

RÉSUMÉ : Cet article est largement inspiré de « Quelques points de repère dans une histoire de 40 ans¹²³ L'association Enseignement Public et Informatique (EPI) de février 1971 à février 2011 » que j'ai eu l'occasion d'écrire, à la demande du Bureau national de l'association, en février 2011. Adhérent de la première heure, secrétaire général puis président de l'EPI de 1981 à 1995, j'ai extrait de mes souvenirs, et surtout des publications de l'EPI, les thèmes essentiels des actions de l'association depuis sa fondation. Mais aussi les certitudes, les hésitations, les réserves, les problèmes rencontrés. L'histoire de l'EPI et celle de l'informatique pédagogique (expression créée par l'EPI) en France, se confondent en grande partie.

MOTS-CLES : EPI - informatique pédagogique - complémentarité des approches - recherche pédagogique - formation des enseignants - matériels - maintenance - logiciels - culture générale - discipline informatique - programmation - politique globale - prospective - compétitivité - relance économique -

1 Introduction

Il est clair qu'il n'est pas question pour moi de résumer une histoire de plus de quarante années en quelques pages aussi je m'en tiendrais à quelques événements essentiels qui jalonnent ces quatre décennies. Je ne suis pas historien et ayant personnellement vécu cette période - puisque je suis tombé dans le chaudron de l'informatique pédagogique en 1970 - mon propos contiendra inévitablement une part de subjectivité. Pour m'éviter au maximum de réécrire l'histoire je me suis tenu au plus près des textes et documents que chacun pourra consulter sur les sites de l'EPI¹²⁴ et de la Maison des Sciences de l'Homme¹²⁵.

¹²² Président d'honneur de l'EPI

¹²³ http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/68/53/38/HTML/h11epi_jb.htm

¹²⁴ <http://www.epi.asso.fr>

¹²⁵ <http://edutice.archives-ouvertes.fr/EPI/fr/>

D'abord, je tiens à remercier les organisateurs de ce Colloque d'avoir invité l'EPI. Certains peuvent se demander, pourquoi mêler une association d'enseignants à une histoire de l'informatique ? La fondation de l'EPI en donne déjà un début de réponse.

Même s'il y a eu quelques actions, ici et là, au cours de la décennie 60 notamment au lycée de La Celle Saint Cloud, où j'enseignais la Biologie, (lycée d'enseignement général équipé d'un IRIS 10 de la CII dès 1968¹²⁶), il est coutume de dire que l'informatique débute dans l'enseignement scolaire avec le séminaire de Sèvres (mars 1970)¹²⁷. Ce séminaire, intitulé « *l'enseignement de l'informatique à l'école secondaire* », a été organisé par l'Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE) avec la collaboration de la Direction de la Coopération du Ministère français de l'Education Nationale.

On peut lire dans la préface des Actes : « *Aujourd'hui nous prenons conscience, non sans peine - et peut-être trop tard - de la nécessité de considérer l'innovation technologique sous le double aspect de son retentissement sur la société et de sa contribution aux réalisations techniques et économiques. C'est dans ce contexte que les relations entre l'ordinateur et l'enseignement sont devenues, pour la plupart des pays membres de l'OCDE, un grave sujet de préoccupation* ».

Il est évident pour tous les participants à ce séminaire qu'une action importante doit être entreprise dans le domaine de **la formation des enseignants** à l'informatique. Il s'en suivra, pour la France, les premiers stages « lourds » d'un millier d'enseignants qui débiteront chez les trois constructeurs (IBM, CII, et Honeywell-Bull) en 1970-71.

Dès leurs premières réunions d'ensemble, les stagiaires ressentirent la nécessité d'une structure spécifique d'accueil, d'échange d'informations, de réflexions, qui permette, en toute occasion, leur expression collective indépendante. C'est ainsi que fut créée, par les stagiaires 1970-71, **l'association Enseignement Public et Informatique (EPI)**. L'association est déclarée à la Préfecture de Paris le 1^{er} février 1971 (*Journal officiel* du 12 février 1971). Ses statuts, peine modifiés depuis, sont en ligne¹²⁸.

Dès le premier éditorial¹²⁹ du Bulletin EPI (décembre 1971) se manifeste le souci de **complémentarité des approches** qui sera le fil d'Ariane de l'EPI tout au long de ces 40 années : « ... Notre attitude doit rester accueillante à l'égard des diverses expériences pédagogiques. L'introduction de l'informatique se présente actuellement, semble-t-il, sous trois aspects :

– *comme l'enseignement d'une matière nouvelle (sections et établissements spécialisés, cours pour volontaires, enseignement intensif de quelques jours pour tous les élèves d'un même niveau) ;*

¹²⁶ http://ensmp.net/pdf/1971/etude_pitie-scherer.pdf

¹²⁷ <http://www.epi.asso.fr/revue/histo/h70ocde.htm>

¹²⁸ <http://www.epi.asso.fr/association/statuts.htm>

¹²⁹ <http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/03/14/39/PDF/ba4p201.pdf>

– comme l'enseignement d'une méthode de pensée à l'intérieur des matières existantes, chaque professeur retrouvant dans sa discipline les notions fondamentales de modèle, d'algorithme, d'information ;

– comme l'utilisation d'un moyen nouveau, comparable à ce que fut le premier livre imprimé, aidant le professeur dans la partie répétitive de son travail.

Si la politique du ministère consiste à favoriser la deuxième solution, et malgré l'intérêt d'un tel choix qui facilite les rapports entre les différentes spécialités, nous pensons que nous devons nous intéresser à ces trois types d'expériences. L'avenir nous dira quelle est la voie la plus sûre. Mais peut-être s'agit-il de trois aspects complémentaires qui devraient coexister. En tout cas, nous ne pouvons ni ne devons choisir dès maintenant... »

Se manifeste également la volonté de peser, **dans une démarche éducative et citoyenne**, sur le déploiement de l'informatique dans le système éducatif et d'être de toutes les concertations :

« Membres de l'enseignement public, nous ne devons pas nous laisser déposséder de nos responsabilités. C'est à nous qu'il appartient de dire comment nous utiliserons et comment nous n'utiliserons pas l'informatique. ».

Pour ce qui concerne la France, une conséquence importante de ce séminaire, fut la création au ministère de l'Education Nationale d'une « mission informatique » dont le responsable sera Wladimir Mercouroff.

De 1972 à 1976, les adhérents de l'EPI joueront un rôle très actif dans l'expérience des « 58 lycées » (Mitra 15 et T 1600). Je ne reviendrais pas ici sur cette opération, qui marquera fortement les années suivantes, et renvoie au rapport *Dix ans d'informatique dans l'enseignement secondaire, 1970-1980*¹³⁰. Je dirais seulement qu'à cette époque **tout était à inventer** sur les mini-ordinateurs Mitra15 et T1600.

Depuis la création, en 1971, d'une section « Informatique et Enseignement » au sein de l'INRDP, l'INRP tient un rôle majeur pour le développement de l'informatique pédagogique en France. L'Institut National de Recherche Pédagogique met en place **des groupes disciplinaires** (Informatique et Lettres, Informatique et Sciences naturelles, etc.), expérimente et produit les premiers logiciels éducatifs. Je me revois encore traduisant de petits programmes de simulation anglais (Linkover, Pop, ...) de Basic en L.S.E ! C'était une époque pionnière intense à laquelle il m'est difficile de repenser sans nostalgie. Nombre de membres de l'EPI participent et animent ces groupes.

Ils conçoivent et programment **les premiers logiciels pédagogiques** qui fonctionneront pendant des années, adaptés par la suite aux micro-ordinateurs.

L'EPI fit la promotion du système L.S.E¹³¹ qui assurait une compatibilité et une portabilité bien supérieures à ce qu'aurait permis alors toute autre combinaison. Le premier manuel LSE fut un numéro spécial du *Bulletin de liaison de l'INRP* – celui d'avril 1973, réédité et complété en janvier 1975 – avant le numéro spécial EPI en

¹³⁰ <http://lara.inist.fr/handle/2332/1250>

¹³¹ <http://www.epi.asso.fr/revue/54/b54p216.htm>

1981 et les coéditions EPI-CRDP. Sous la direction scientifique de SupElec, plusieurs membres de l'EPI participent à la mise au point du LSE sur le MITRA 15 au lycée de La Celle Saint Cloud.

Les logiciels (et leurs sources) ainsi que le LSE sont diffusés gratuitement dans le système éducatif. L'esprit du « libre » s'enracine profondément dans la démarche de l'informatique pédagogique française...

Nous parlons donc là d'informatique « outil » pour les différentes disciplines traditionnelles. Parallèlement, se développèrent **les clubs informatiques**. En effet, si l'accord se fit très tôt entre l'administration, les syndicats et l'EPI pour ne pas envisager, pour l'informatique, la création d'une discipline nouvelle d'enseignement général et une catégorie particulière d'enseignants, l'initiation des élèves à la programmation informatique fut encouragée par l'EPI dont les adhérents animèrent très tôt de nombreux et actifs clubs informatiques. Dans les lycées et dans les collèges.

Un nombre non négligeable d'élèves a réalisé, dans le cadre de ces clubs, des travaux remarquables comme en témoigne le concours de programmes AFCET-EPI. Les 103 dossiers retenus (émanant de collégiens mais surtout de lycéens) correspondaient à des travaux réalisés avant le 1^{er} décembre 1980 pour la grande majorité dans l'ambiance intellectuelle des clubs informatiques en liaison avec les différentes disciplines. L'EPI a publié, en juin 1982, un numéro spécial de son *Bulletin* consacré aux travaux des 16 premiers lauréats¹³².

Je tiens à faire remarquer que si l'histoire française de l'introduction de l'informatique dans l'enseignement a privilégié les lycées, dès les origines, la place tenue par les professeurs puis par les élèves **des collèges**, notamment dans l'expérience des 58 lycées, a été importante ; elle est le plus souvent ignorée. L'appellation trompeuse « d'expérience des 58 lycées » fut donnée après que collèges et lycées aient été séparés. Je renvoie au dossier EPI n°4 « *L'informatique eu collège* », supplément au Bulletin de mars 1984¹³³.

On voit là la complémentarité des approches se dessiner peu à peu, évidemment à échelle encore très réduite : l'informatique « outil » et l'informatique « objet » matérialisée dans les clubs informatiques. Les choses ne s'annoncent pas trop mal. Il est à noter que le ministère de l'éducation nationale a mis les boeufs devant la charrue ... Je veux dire, que la formation des enseignants (**formations « lourdes »**) précède ou accompagne leurs interventions dans les classes. Ca mérite d'être souligné.

Ainsi de 1970 à 1976, 528 collègues furent formés (140 « mathématiciens », environ 200 « littéraires », plus de quarante « économistes »...). Le souci de former des équipes en rapport avec les établissements équipés prévalut sur celui d'une répartition géographiquement satisfaisante, cela n'alla pas sans problème, compte tenu du grand nombre de candidatures.

¹³² <http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/56/07/05/HTML/b22p059.htm>

¹³³ <http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/27/77/97/HTML/d04p005.htm>

Dans le même temps, le CNTE de Vanves diffuse un cours par correspondance rédigé par un groupe d'enseignants, souvent membres de l'EPI, et complété par deux fois deux jours d'applications sur ordinateur. Cette formation dite « légère » concerna plus de 5 000 collègues. Enfin, nombreux furent ceux qui se formèrent « sur le tas » et/ou en dehors de l'expérience.

Malheureusement, l'élan va être stoppé en 1976. A la suite d'un « plan d'austérité », l'expérience des 58 lycées est mise en attente, avec interruption des formations « lourdes ». Suivront cinq années sans nouveaux équipements, sans véritable formation. Le « vivier » des formés « lourds » va s'appauvrir ce qui va compromettre gravement les opérations ultérieures.

On voit apparaître **les premières dents de scie d'une politique** de déploiement de l'informatique dans le système éducatif et on commence à se rendre compte que ce déploiement sera plus chaotique que linéaire. Les changements de ministres de l'Education nationale (l'EPI en a connu 19 depuis sa fondation) ne rajoutant rien.

En 1978, le rapport Nora-Minc, *L'informatisation de la société* est remis en janvier 1978 au Président Giscard d'Estaing qui, en novembre, demande au gouvernement d'élaborer un nouveau plan informatique **pour accroître l'efficacité et la compétitivité du système économique**. En février 1979, le Ministère de l'Industrie et la mission informatique proposent au MEN le financement du début d'un plan d'équipement visant à la généralisation des équipements des lycées en micro-ordinateurs. 10 000 micro-ordinateurs sont annoncés. Mais toujours pas de reprise des formations « lourdes » ... et cette fois, les matériels précèdent les formations. On voit apparaître l'argument de « l'intérêt supérieur de la nation »¹³⁴ qui était déjà en filigrane dans les conclusions du séminaire de Sèvres. Il fait quelque peu bouger les lignes.

En 1979-80, Jacques Arsac, qui avait probablement constaté une certaine stagnation dans le développement de l'informatique « outil », propose au Directeur des lycées et collèges, Jean Saurel, une expérimentation dans quelques lycées de la région parisienne **d'un enseignement optionnel de l'informatique**. L'EPI suit les choses de près et rencontre le Directeur des lycées. Un débat s'instaure dans et hors de l'association. Faut-il ou non une discipline d'enseignement général en informatique ? Le souci de pluralité des approches tend à faire pencher pour l'affirmative. Discipline optionnelle ou pas ? Ce débat aura la vie dure tant notre pays aime débattre pendant que d'autres agissent.

Dans son premier Manifeste¹³⁵ (assemblée générale de 1979) l'EPI plaide une fois de plus pour la complémentarité des approches : « *L'informatique, en tant qu'outil pédagogique, peut s'appliquer à tous les niveaux d'enseignement. Mais elle ne doit pas se limiter à cela. Elle doit aussi devenir un élément de culture générale dont tous les élèves puissent bénéficier.* (...) ».

Se fondant sur ce manifeste, le Bureau de l'EPI multiplie les interventions auprès des autorités administratives (Direction des Lycées, Direction des Collèges,

¹³⁴ <http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/27/77/97/HTML/h80beullac.htm>

¹³⁵ <http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/27/61/58/HTML/b18p055.htm>

Direction des Écoles) et contacte les syndicats d'enseignants et les associations de spécialistes. L'utilisation de l'outil informatique et l'enseignement de l'informatique sont loin d'avoir pénétré les esprits !

2 La décennie 80

Le 25 novembre 1980, au cours du colloque « *Le mariage du siècle : éducation et informatique* » (excusez du peu), Jean Saurel, Directeur des Lycées et collèges, que l'EPI a eu l'occasion de rencontrer à plusieurs reprises, se prononce pour une complémentarité des approches : « ... *Nous continuerons dans la voie qui a été ouverte depuis 1970, par l'utilisation de l'informatique comme outil pédagogique dans les disciplines ; mais en même temps, à partir de la rentrée 1981-82, nous allons faire un certain nombre d'expériences dans les lycées sous la forme d'enseignement optionnel, et peut-être dans les collèges, en ce qui concerne l'enseignement de l'informatique. Nous ouvrons 10 ou 15 expériences pour essayer d'y voir clair* ».

En 1980 est amorcé également un plan informatique pour **les écoles normales et les écoles**. (Une circulaire de la Direction des Écoles, définira en mars 1983, les trois directions dans lesquelles s'engage l'informatique à l'école. Cf. « *Informatique à l'école: introduction et éléments d'histoire* »¹³⁶).

Mais reprenons le fil. En 1981, élection de François Mitterrand. A la suite du « gel » du plan informatique demandé par le SGEN-CFDT, le nouveau ministre de l'Éducation nationale, Alain Savary, confie une mission à Claude Pair et Yves Le Corre. Ceux-ci remettent le 15 octobre un rapport (pour lequel l'EPI a été largement auditionnée) dans lequel tout est dit : recherche, formation, équipements, logiciels, structures, ...)¹³⁷.

Le nouveau gouvernement donne la priorité aux « technologies nouvelles ». **C'est le retour à l'impératif industriel, l'affirmation d'une informatique française.** Les décisions politiques sont prises au plus haut niveau. Ce ne sera pas toujours le cas !

Claude Pair, devenu Directeur des lycées, met en place un Comité Scientifique National (CSN) chargé du suivi et du pilotage de l'option informatique des lycées. J'y représenterai l'EPI pendant plus de dix ans.

L'expression « **informatique pédagogique** » couramment utilisée par l'association et largement reprise, a été lancée par l'EPI dès les années 80. Elle englobe à la fois – dans l'esprit de ses créateurs – l'informatique « outil » pour les différentes disciplines et l'informatique « objet » d'enseignement. Nous avons vu que l'idée de **complémentarité** des approches remonte à la fondation de l'EPI (1971).

¹³⁶ <http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/27/77/97/HTML/d06p005.htm>

¹³⁷ <http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/03/94/05/HTML/b25p028.htm>
<http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/27/77/97/HTML/h81pair.htm>

Une mise au point sera faite par le président de l'EPI dans l'éditorial du numéro de décembre 1987¹³⁸. Beaucoup n'ont pas compris, ou n'ont pas voulu comprendre, le sens de cette expression qui prend tout son sens à la création expérimentale de l'option des lycées des lycées.

En 1982, l'EPI rencontre Alain Savary. De cette rencontre naîtra l'idée d'un grand colloque national Informatique et enseignement », co-organisé par le MEN et l'EPI, qui mobilisera les plus hauts responsables du pays (Président de la République, Premier Ministre, Ministres, Recteurs, etc.). On relira avec intérêt le discours de François Mitterrand qui commence par « L'informatique, l'homme pressé de la science ... »¹³⁹.

En janvier 85, Laurent Fabius, Premier Ministre, présente le plan « Informatique Pour Tous » (IPT)¹⁴⁰. Cette opération souvent décriée, surtout par celles et ceux qui ne l'ont pas connue, a eu **le mérite de faire prendre conscience** de l'importance de l'informatique pour le système éducatif et au-delà pour l'ensemble de la société. Elle s'est largement appuyée sur les enseignants issus des formations « lourdes » dont un grand nombre était des membres de l'EPI. Ce plan conçu pour la durée a été malheureusement interrompu pour l'essentiel par le changement de gouvernement (législatives de 1986).

Les publications EPI se multiplient, ce sont des milliers de pages publiées et diffusées qui témoignent des expériences et pratiques d'enseignants novateurs (voir la note 2)

À la suite des élections législatives de 1986, Jean-Pierre Chevènement est remplacé par René Monory. L'EPI, reçue au cabinet du ministre, a quelques motifs de s'inquiéter. On assistera bientôt à la disparition de la Mission des technologies nouvelles qui a suivi de peu celle de la « Délégation Trigano » privant le plan IPT de ses organes nationaux de pilotage. Ceux qui critiquent l'opération IPT seraient bien inspirés de tenir compte de cette nouvelle donne. Objet d'appréciations brutales, souvent péjoratives, le CNDP est menacé d'amputation sévère particulièrement dans sa production de logiciels d'enseignement. « *Les logiciels sont l'affaire de professionnels* » entend-on rue de Grenelle.

Par contre le Conseil Scientifique National pilotant l'option informatique est maintenu. L'EPI continue de participer à ses travaux.

1988 : réélection de François Mitterrand à la Présidence de la République. Dissolution de l'Assemblée nationale. Gouvernement de Gauche. Ministre de l'Éducation nationale : Lionel Jospin. Les choses ne repartent pas et **l'EPI s'impatiente**. « *la relance de l'informatique s'impose d'urgence* » peut-on lire dans l'éditorial du Bulletin n°51 de septembre 1988.

¹³⁸ <http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/03/07/35/PDF/b48p003.pdf>

¹³⁹ <http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/27/77/97/HTML/b32p026.htm>

¹⁴⁰ <http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/27/61/58/HTML/h85ipt.htm>

Déplorant l'absence d'une politique globale, l'EPI dans son rôle de « poil à gratter » multiplie audiences et rencontres (Elysée, Matignon, cabinet de Lionel Jospin, députés, sénateurs, syndicats, associations de parents, etc.).

Pour l'anecdote, le Directeur adjoint du cabinet, lors d'une audience, a eu ce mot : « *L'EPI est la mémoire de l'informatique pédagogique dans notre pays !* » Bien vu, Monsieur le Directeur. Et Lionel Jospin, Ministre d'État a bien voulu reconnaître qu'en donnant régulièrement son point de vue l'EPI était conforme à sa mission (cf. *Bulletin* n° 56 page 32). Effectivement, depuis sa création, l'EPI se veut force de proposition ; c'est dans cet esprit qu'elle fait fonctionner des commissions de réflexion faisant largement appel à l'ensemble des adhérents par l'intermédiaire des Régionales.

L'EPI obtient que l'informatique ne soit pas oubliée par le projet de **loi d'orientation** sur l'éducation. On peut y lire, mais en annexe, « *L'informatique est une technique et une science autonome. Mais c'est également un outil d'enseignement permettant une meilleure individualisation de l'apprentissage, des situations pédagogiques nouvelles et le développement de capacités logiques et organisatrices* ». Il était temps !

3 La décennie 90 :

Une décennie sous le signe de l'alternance et de la cohabitation, qui connaîtra cinq ministres de l'Éducation nationale (L. Jospin, J. Lang, F. Bayrou, C. Allègre et à nouveau J. Lang) ce qui ne facilite pas la continuité d'une politique éducative. Un exemple caricatural sera donné par l'option informatique supprimée par L. Jospin (ou plutôt par ses conseillers) rétablie par F. Bayrou et supprimée à nouveau par C. Allègre (ex-conseiller spécial de L. Jospin) ! Et tout cela sur fond de déclarations sur l'importance de l'informatique dans la société.

En ce début d'année 90, force est de constater que l'informatique pédagogique et les Nouvelles Techniques de l'Information et de la Communication en général, restent quasi absentes des débats.

Voici l'intégralité des **propositions de l'assemblée générale EPI** du 20 octobre 1990 très largement diffusées. Elles ont servi de bases aux démarches de l'association au cours des années suivantes. « *Pour un développement cohérent et efficace de l'informatique dans le système éducatif, il faut :*

* *créer une **mission permanente** placée directement sous la responsabilité du Ministre d'État, rassemblant des compétences réelles et qui aurait à faire des propositions pour le moyen et le long termes ; cette mission étant l'interlocutrice privilégiée des responsables académiques,*

* *définir une **politique globale**, cohérente, se développant dans la continuité et la durée, et s'appuyant résolument sur la concertation,*

** définir pour chaque étape du cursus scolaire des objectifs globaux à atteindre, des compétences à acquérir, qui nécessiteront **les actions conjointes des différentes disciplines**, du CDI, du travail indépendant...*

** donner la priorité, dans l'enseignement général comme dans les enseignements technologiques et professionnels, à l'intégration de l'informatique dans les différentes disciplines ; ce qui n'exclut pas la possibilité **d'enseignements spécifiques de l'informatique**,*

** prévoir explicitement l'utilisation de l'outil informatique **dans les programmes** d'enseignement et dans les recommandations pédagogiques, réexaminer les contenus et les méthodes d'enseignement,*

** reconnaître et amplifier, conformément à la loi d'orientation sur l'Éducation (rapport annexé), l'importance de la **recherche pédagogique** dans le développement de l'informatique à l'École. En utilisant les compétences existantes, faire le point sur les acquis tout en poursuivant la recherche de voies nouvelles,*

** intégrer l'informatique pédagogique dans les **formations initiales et continues** de tous les enseignants ; les compétences actuelles des Écoles Normales et des Centres de formation à l'informatique pédagogique devant être intégrées aux IUFM,*

** créer un **Atelier National Logiciel** chargé de la production et de la diffusion de logiciels répondant aux besoins exprimés des enseignants. Les activités de cet atelier seraient complémentaires de celles du secteur privé, une collaboration devant s'établir entre eux,*

** créer une commission nationale des **matériels**, où les enseignants utilisateurs seraient représentés, qui serait l'interlocutrice privilégiée des responsables académiques,*

** prévoir des **moyens d'animation** dans les écoles et les établissements scolaires et universitaires sans lesquels matériels et logiciels ne seront que très insuffisamment utilisés,*

** équiper chaque salle de réunion d'enseignants d'au moins un ordinateur et une imprimante,*

** prévoir de très **larges facilités pour l'achat de matériels et de logiciels** par les enseignants et la possibilité de prêts gratuits de moyenne ou longue durée pour les enseignants et les futurs enseignants (IUFM),*

** lancer, dans la concertation, **une large réflexion prospective** : de puissants moyens technologiques seront progressivement accessibles au grand public, il y a là un risque d'inégalité que l'école se doit de compenser ».*

Certaines propositions verront progressivement le jour, d'autres pas.

Les choses avancent mais trop lentement à nos yeux. L'essentiel repose sur **une minorité très motivée** et donc très active dont les réalisations souvent remarquables servent de vitrine à un magasin peu achalandé. L'utilisation dans les disciplines

stagne et stagnera encore longtemps¹⁴¹ tant que des formations initiales et continues efficaces ne seront pas mises en place et généralisées.

Le ministère pourrait se poser des questions. Se demander, par exemple, s'il ne faudrait pas développer en complément de l'utilisation de l'informatique dans les disciplines, qui a du mal à décoller, un enseignement de l'informatique en tant que tel.

Au lieu de cela, on assiste en 1992 à la première suppression de l'option informatique des lycées au motif, non dit, de récupération de postes d'enseignants scientifiques¹⁴². Ce mauvais coup **qui nous fera perdre des années** n'empêche pas l'EPI de continuer ses actions diversifiées : informatique dans les disciplines, logiciels, recherche pédagogique, formation des enseignants, ...

Je parlai au début de cet exposé de politique en dents de scie. Cette option sera rétablie en 1995 par François Bayrou (proposition n°58 du « nouveau contrat pour l'Ecole »), puis supprimée à nouveau en 1998 par Claude Allègre. [On assiste à la rentrée 2012 à sa résurrection (après mise à jour évidemment) en Terminale scientifique. J'y reviendrai.

Et l'on attend toujours une **politique globale** de développement de l'informatique dans le système éducatif. Une politique basée sur la prise de conscience de l'importance considérable de l'informatique dans le monde d'aujourd'hui. Trop de responsables sous-évaluent ce dossier et l'impact qu'il doit avoir sur le système éducatif.

Ainsi, au fil des années, l'EPI, contrainte à se répéter, soulève l'ensemble des problèmes accompagnant le déploiement de l'informatique et des TIC dans le système éducatif. Les déclarations de ses Assemblées Générales¹⁴³ servent notamment à demander et obtenir des audiences auprès des plus hauts responsables (Élysée, Matignon, Ministère de l'Éducation nationale...) des syndicats, des associations de parents, etc. C'est ainsi que l'EPI jouera, et continue de jouer, un rôle important dans l'intégration de l'informatique (au sens large du terme) au sein du service public d'Éducation nationale.

L'EPI n'est pas seule. L'EPI, SPECIF, SNESUP et SNES adressent le 26 juin 1997, à Claude Allègre ministre de l'Éducation nationale, une lettre signée par les quatre présidents de ces organisations. Ils font part de leur préoccupation concernant la place de l'informatique et des TIC dans le système éducatif : « ... *Nous considérons qu'une politique d'ensemble est nécessaire. Elle concerne la*

¹⁴¹ Ne lit-on pas, en ce moment, sur le site de Refondons l'Ecole (dans : Une grande ambition pour le numérique) : « 21 % c'est la proportion des enseignants qui utilisent les technologies de l'information et de la communication au moins une fois par semaine avec leurs élèves ». Après plus de 40 ans d'histoire derrière nous, le pourcentage n'est pas particulièrement glorieux. Et ceci malgré les efforts financiers considérables des collectivités locales sur lesquelles repose le poids des équipements.

¹⁴² http://www.epi.asso.fr/revue/histo/h10oi_jb3.htm

¹⁴³ http://www.epi.asso.fr/association/txt_epi.htm

formation, les équipements, les contenus disciplinaires, le développement de produits éducatifs... »

4 La première décennie du XXI^e siècle : le prolongement des actions de l'EPI pour un enseignement de culture générale informatique au lycée.

Sans abandonner **ses dossiers traditionnels** (formation des enseignants, utilisation de l'informatique et des TIC dans l'ensemble des disciplines, équipements en matériels et leur maintenance, personnes-ressources, logiciels adaptés, recherche pédagogique, etc.) comme en témoignent les nombreux articles publiés et les démarches de l'association, l'EPI consacre une grande partie de son énergie à la promotion d'un enseignement de culture générale informatique. Ce dossier a encore besoin de son militantisme. Elle a la satisfaction de recevoir des soutiens de plus en plus nombreux, notamment du monde universitaire.

Sans entrer dans les détails d'une Histoire qui est en train de se faire, je dirais qu'après bien des péripéties, est décidée par le Ministère de l'Education nationale, la création à la rentrée 2012 d'un enseignement optionnel de spécialité « Informatique et sciences du numérique » pour les élèves de terminale S.

Il s'agit **d'un premier pas** car il n'y a pas de raison de réserver un tel enseignement aux seuls scientifiques et à la seule terminale. Les autres séries des lycées généraux et technologiques sont également concernées. J'ajouterais que l'enseignement de l'informatique au collège fait également partie des demandes de l'association et de ses partenaires¹⁴⁴.

Le devoir impérieux du système éducatif est de préparer les jeunes au monde dans lequel ils vivront leur vie de citoyen et leur activité professionnelle. Ce monde est, et sera de plus en plus « numérique » Ils devront être en capacité de le comprendre, sinon de le dominer. Et pour le comprendre, **il ne suffit pas de cliquer** et d'utiliser l'ordinateur simplement comme un nouveau média. Des savoir-faire mais aussi des connaissances solides sont indispensables. Le pays a besoin de créateurs pas de simples utilisateurs passifs.

Il nous semble que peu à peu **cette idée de complémentarité et de diversité** des approches fait son chemin dans les esprits. Ces démarches multiples, utilisation de l'informatique dans les disciplines, évolution de celles-ci dans leurs contenus et leur méthodes, pratique des outils de travail individuels et collectifs, enseignement d'une discipline autonome, ...¹⁴⁵ auront été celles pratiquées et diffusées par l'EPI tout au

¹⁴⁴ Communiqué EPI du 16-06-2012 : <http://www.epi.asso.fr/revue/docu/d1207a.htm>

¹⁴⁵ « L'informatique a différents statuts éducatifs complémentaires. Elle est outil pédagogique, facteur d'évolution des objets et méthodes des autres disciplines enseignées (c'est par exemple le cas des enseignements techniques et professionnels qu'elle a contribué à profondément transformer). Elle est outil de travail personnel et collectif de la communauté scolaire. Mais tous ces usages ne peuvent pas suffire à donner la culture générale scientifique et technique dont les élèves ont besoin, comme l'a montré l'échec, prévisible, du B2i. Il faut une contribution spécifique de la science informatique en tant que discipline scolaire ». (Editorial du numéro 144 d'EpiNet d'avril 2012, signé Jean-Pierre Archambault :

long de ces 40 années d'Histoire du déploiement de l'informatique et des TIC dans le système éducatif.

Peut-être est-ce le rêve des membres de l'EPI que de faire l'Histoire et pas seulement de chercher à la comprendre ?

L'auteur remercie tout particulièrement Alain Kapur, responsable du site EPI, pour les nombreuses précisions qu'il a apportées concernant les publications de l'EPI.

Cet article est sous licence Creative Commons (selon la juridiction française = Paternité - Pas de Modification). <http://fr.creativecommons.org/contrats.htm>

Tous les articles et les documents de l'EPI, depuis 1985, sont en ligne sur le site EPI.

- Ceux parus dans la *Revue de l'EPI* jusqu'en 2001 (édition papier) sont téléchargeables au format pdf, ainsi qu'en html pour certains, dans les sommaires de la Revue de l'EPI <http://www.epi.asso.fr/revue/som.htm#revues>
- Pour une vue d'ensemble est proposée une bibliographie complète : http://www.epi.asso.fr/biblio/epi_biblio.htm
ainsi qu'un index des auteurs : http://www.epi.asso.fr/biblio/epi_auteurs_a.htm
- Les autres articles, publiés depuis 2002 dans le cadre de la revue électronique *EpiNet*, sont regroupés par volumes annuels et accessibles depuis les archives d'EpiNet : <http://www.epi.asso.fr/epinet.htm#archives>
- L'ensemble de ce fonds fait l'objet de la collection « Revue de l'EPI » sur l'archive ouverte **EduTice**. En outre, plusieurs centaines d'articles, intéressant spécifiquement la recherche pédagogique, y ont été indexés (titre, auteur(s), institution(s), résumé...), leurs fiches sont donc directement accessibles avec les outils de recherche documentaire disponibles sur l'archive <http://archive-edutice.ccsd.cnrs.fr/EPI/fr/>.

<http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1204a.htm>)

Quelle place pour les utilisateurs-programmeurs dans une musée de l'informatique et de la société numérique ?

Proposition à partir de l'exemple du tableur

François-Marie Blondel, Éric Bruillard, Françoise Tort

Laboratoire STEF, ENS Cachan / IFÉ (ENS Lyon)
61, avenue du Président Wilson F-94235 Cachan cedex, France
francois-marie.blondel@ens-cachan.fr
eric.bruillard@ens-cachan.fr
tort@ens-cachan.fr

RÉSUMÉ. La programmation par des utilisateurs qui ne sont pas des informaticiens s'est répandue avec l'usage des tableurs dans les années 80. Cette activité a joué un rôle important dans le développement d'une culture informatique dans certaines catégories de la population, comptables, gestionnaires, financiers, techniciens, ingénieurs.... Présenter l'activité des utilisateurs-programmeurs dans un musée à partir du tableur permet de discuter plusieurs aspects de la programmation (fonctions, macros, modèles, erreurs) sans exiger de connaissances techniques particulières. Des ouvrages, des documents de formation, des exemples de feuilles de calcul et de tableurs ainsi que des témoignages d'acteurs peuvent être recherchés ou produits pour alimenter des présentations dans un musée.

ABSTRACT. End-user programming has emerged with the spread of spreadsheet software in the 80's. This activity played a significant role in the development of computer knowledge within professionals like accountants, managers, technicians, engineers... Using spreadsheets to represent end-user programming in a museum can be an opportunity to discuss issues about programming (functions, macros, models, and errors) without requiring specific technical background. Resources for showings can be found in books, technical documentation, training courses, spreadsheets and interviews of typical users.

MOTS-CLÉS : utilisateurs, programmation, tableur.

KEYWORDS: end-user programming, end-user development, spreadsheet.

1. Introduction

Travaillant sur les questions d'éducation et de formation à l'informatique, nous nous sommes intéressés depuis plusieurs années à une catégorie d'utilisateurs assez peu étudiée en France, celle des utilisateurs d'instruments informatiques qui conçoivent ou développent des programmes et qui pour autant ne sont pas des informaticiens, au sens où ils ne se revendiquent pas comme des professionnels de l'informatique.

Ces utilisateurs particuliers sont apparus en nombre avec l'arrivée de la micro-informatique et le développement de l'usage des tableurs dans les années 80 (Bruillard et Blondel, 2007). À côté des amateurs passionnés assez nombreux à cette époque, est apparue une catégorie d'amateurs professionnels, c'est-à-dire d'utilisateurs qui ne sont pas des informaticiens mais qui programment et développent pour des raisons liées principalement à leur activité professionnelle.

Durant les trente dernières années, l'industrie des services s'est fortement développée, les métiers de l'informatique se sont spécialisés, la formation des informaticiens a connu un essor important. Même si elle n'est pas l'objet d'un recensement particulier, il semble que la proportion des utilisateurs programmeurs n'ait pas vraiment diminué, montrant ainsi l'importance de ces acteurs dans l'éventail des usagers de l'informatique.

Peut-on rendre compte de ces usages et de ces usagers dans un musée de l'informatique ? Quels seraient les objets et quelles activités les plus caractéristiques de ces usages ? En quoi le tableur constitue un exemple à la fois dans ces aspects historiques et plus contemporains ? C'est ce que nous souhaitons aborder dans cette communication.

Dans cette proposition, nous préciserons ce que sont ces utilisateurs, en quoi le tableur est un objet intéressant pour un musée de l'informatique et de la société numérique et nous évoquerons quelques propositions de ressources susceptibles d'alimenter des présentations.

2. Des utilisateurs qui programment

En prenant le point de vue de l'emploi des instruments logiciels, nous distinguerons pour simplifier trois catégories d'utilisateurs : ceux qui s'intéressent uniquement aux résultats qu'ils peuvent produire avec ces instruments, ceux qui s'intéressent aussi à l'adaptation de ces instruments à leurs besoins et ceux qui s'intéressent à la conception de ces instruments. Si la première catégorie, celles des « utilisateurs ordinaires », est assez bien identifiée, notamment pour des raisons marketing évidentes, si la troisième relève bien évidemment des professions de l'informatique, la deuxième catégorie, que nous appellerons les « utilisateurs programmeurs », est assez souvent négligée et parfois peu considérée.

2.1. Qui sont les utilisateurs programmeurs ?

S'intéressant à ces utilisateurs et à leurs activités, Bonnie Nardi (1993) précise que ce ne sont pas des « novices », que les ordinateurs sont pour eux des outils indispensables, qu'ils en font un usage important mais qu'ils ne souhaitent pas devenir des programmeurs professionnels.

Nous pourrions les caractériser comme des utilisateurs conduits à « programmer » sous une forme ou sous une autre, que ce soit pour réduire l'aspect répétitif de certaines tâches ou pour aboutir à des résultats qu'ils ne pourraient obtenir uniquement en modifiant des données ou en paramétrant les applications informatiques qui leur sont utiles. En ce sens, la finalité de leur activité de programmation est guidée par les résultats des traitements qu'ils ordonnent et non par les techniques employées pour les obtenir. Ce faisant, ils se placent eux-mêmes comme les premiers, et parfois les seuls, utilisateurs de leurs productions.

Cette activité de programmation par l'utilisateur final d'un produit est devenue importante avec la diffusion massive du tableur dans les années 80. La programmation par des amateurs, qui a connu un développement considérable avec la diffusion des micro-ordinateurs, est souvent restée dans le domaine privé. En revanche, le développement de calculs avec un tableur a été le fait de professionnels sur leur lieu de travail pour leurs besoins de suivi, de contrôle, de prévision, de modélisation, de prise de décision...

Depuis une quinzaine d'années, la programmation par des non informaticiens s'est développée chez d'autres utilisateurs comme les infographistes (écriture de scripts), les créateurs de sites web (gestion de bases de données), les gestionnaires de contenu, les enseignants (création de tutoriels ou de simulations).

Une population importante

Si le nombre des utilisateurs d'ordinateurs ou plus largement d'instruments informatiques peut être assez facilement estimé par des enquêtes nationales – ainsi dans l'enquête Credoc (2011) un tiers des actifs déclare avoir un usage quotidien d'internet et par conséquent d'ordinateurs sur son lieu de travail – il est plus difficile de savoir combien parmi ceux-ci ont une activité qui relève de la programmation.

La dernière étude cherchant à évaluer cette population a été menée par Scaffidi et al (2005). Ces auteurs estiment qu'en 2012, les Etats-Unis comptaient environ 3 millions de programmeurs professionnels, au moins 13 millions de personnes qui programment dans le cadre de leur activité professionnelle et plus de 50 millions d'utilisateurs de tableurs ou de bases de données. En faisant l'hypothèse que les proportions sont les mêmes pour la France, le nombre des utilisateurs programmeurs serait en France de l'ordre de 2,5 millions de personnes, soit environ le dixième de la population active en emploi. Cet ordre de grandeur paraît vraisemblable ; à titre de comparaison, Trémenbert (2007) rapporte qu'en rapprochant les données de l'INSEE et du Credoc pour l'année 2005, près de la moitié (47%) des répondants qui

ont utilisé un ordinateur dans le dernier mois pour un usage professionnel déclarent avoir fait des calculs ou de la comptabilité.

2.2. *Quelle culture informatique chez ces utilisateurs ?*

La programmation des ordinateurs par des non-informaticiens a joué un rôle important dans le développement d'une culture informatique au moins dans certaines catégories de la population : comptables, gestionnaires, financiers, techniciens, ingénieurs....

À notre connaissance, une des études les plus complètes porte sur les usagers du tableur. Elle a été conduite en 2005 et 2006 par le Spreadsheet Engineering Research Project (SERP) de la Tuck School of Business du Dartmouth College, dans le but d'améliorer la conception et l'utilisation des feuilles de calcul au sein des entreprises¹⁴⁶. Les résultats du questionnaire rempli par près de 1600 répondants appartenant à des institutions différentes du monde des affaires et de l'informatique fournit une image très riche des pratiques des concepteurs et des utilisateurs de feuilles de calcul.

Plus de 80% des répondants considèrent que le tableur a un rôle très important, voire essentiel dans leur travail. Seulement 7% d'entre eux se considèrent comme débutants ou sans expérience, alors que 54% disent avoir une solide expérience et une certaine expertise et que près de 40% se disent très expérimentés et véritablement experts.

Ces chiffres sont à mettre en correspondance avec des travaux plus récents comme ceux de Dorn et Guzdial (2010) qui ont conduit des entretiens auprès d'une douzaine de concepteurs de sites web. Leur activité se répartit grosso modo à égalité entre la programmation (scripts, PHP) et l'infographie (Photoshop), avec de grandes disparités suivant les individus. Leur formation se fait sur le tas, puisqu'un seul d'entre eux déclare avoir obtenu un diplôme en informatique. Cependant la grande majorité est capable de reconnaître des concepts informatiques (variables, boucles...) même s'ils n'en maîtrisent pas toujours le sens.

Dans l'enquête du SERP de 2006, moins de 40% des utilisateurs déclarent avoir reçu une formation dans un cadre institutionnel et près de 18% n'ont pas reçu de formation du tout. En revanche, les exemples fournis par des collègues de travail ont joué un rôle pour plus de la moitié des utilisateurs. Comme l'avaient remarqué Nardi et Miller (1990) dans une étude ethnographique, il peut y avoir des formes de collaboration entre personnes ayant des niveaux d'expertise en programmation très différents. La formation de ces utilisateurs est un exemple caractéristique d'un apprentissage sur le tas dans lequel les modalités d'échanges entre pairs jouent un rôle important suivant les situations personnelles ou professionnelles. Dans le cas du tableur, les échanges entre utilisateurs sont encore extrêmement actifs comme en

¹⁴⁶ Les publications et les résultats de cette enquête sont disponibles à http://mba.tuck.dartmouth.edu/spreadsheet/product_pubs.html

témoigne par exemple le nombre de sujets en cours de discussion sur un site d'échanges sur la programmation¹⁴⁷.

Si le tableur n'est plus le seul instrument des utilisateurs programmeurs, les pratiques ont-elles pour autant beaucoup évolué ? Rien n'est moins certain. Ainsi, un examen du contenu des forums de discussion francophones sur la création de sites web laisse penser que nombre de participants sont encore des utilisateurs qui se forment sur le tas.

L'émergence d'une activité de programmation pour des besoins professionnels par des non-informaticiens a suscité un courant de recherche en interaction homme-machine (*end-user programming*) qui vise à comprendre en quoi consistent ces modes informels de développement de logiciel et qui cherche à concevoir des outils qui facilitent et améliorent ces développements. Centrées initialement sur la programmation, ces recherches prennent en compte plusieurs aspects du développement d'applications par les utilisateurs (*end user development*)¹⁴⁸ et notamment les questions de génie logiciel (Ko *et al.*, 2011).

La permanence d'une activité de programmation et de développement par des non-informaticiens sur plus d'une trentaine d'années, la place qu'elle occupe dans les entreprises, le nombre des utilisateurs concernés nous paraissent peser significativement pour la prise en compte de cette activité dans un musée de l'informatique et de la société numérique.

3. Le tableur et ses usagers

Comment rendre compte de cette activité dans un musée ? Quels objets et quels utilisateurs présenter ? A l'évidence, le tableur paraît incontournable. Non seulement, ce produit est à l'origine d'un courant de programmation sur le lieu de travail par des non informaticiens, mais il en reste probablement l'exemple le plus répandu à l'heure actuelle.

La majeure partie des ordinateurs de bureau, des ordinateurs portables ou encore des tablettes sont actuellement commercialisés avec une suite bureautique qui incorpore systématiquement un tableur. Sa présence sur le marché ne semble pas remise en cause si l'on se réfère à l'offre commerciale et à l'offre issue du logiciel libre. Ainsi l'entrée correspondante de Wikipedia en langue anglaise¹⁴⁹ ne cite-t-elle pas moins d'une cinquantaine d'offres de tableurs, qu'ils soient en ligne, indépendants ou inclus dans une suite bureautique.

¹⁴⁷ On pouvait dénombrer pas moins de 10 000 fils de discussion sous la rubrique « Excel » sur le forum Developpez.com en septembre 2012.

¹⁴⁸ On pourra notamment consulter la définition qu'en donnent Burnett et Scaffidi (2011) dans une encyclopédie en ligne sur l'interaction homme-machine.

¹⁴⁹ http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_spreadsheets. Consulté en sept. 2012

3.1. La prise en compte des utilisateurs dans la conception

Les premiers tableurs pour micro-ordinateurs ont été conçus par des « inventeurs » qui ne se définissent pas seulement comme des informaticiens mais aussi comme des utilisateurs. Le point de vue de l'utilisateur est primordial pour les concepteurs comme le signale Bob Frankston sur son site¹⁵⁰ :

« Since we were used to working with powerful computers without worry about the clock running, we already had the experience of focusing on the users needs rather than the computers needs. »

Le rôle des utilisateurs dans la diffusion du tableur a été primordial ; l'engouement des utilisateurs a été tel que le tableur est souvent considéré comme une des premières applications majeures (*killer application*), désignant ainsi un produit logiciel qui à lui seul justifie l'acquisition d'un ordinateur (Power 2004).

Le tableur est un instrument malléable qui a pu s'adapter, parfois trop facilement comme on le verra plus loin, aux intentions et aux habitudes de disposition des données et des calculs par les utilisateurs. A tel point que les évolutions qui ont été proposées pour répondre aux exigences d'une programmation plus conforme aux canons du génie logiciel ont été vouées à l'échec, du moins d'un point de vue commercial. On pourrait citer ici le point de vue exprimé par Adam Bosworth¹⁵¹ à ICSOC04 en novembre 2004, à propos de l'échec d'une des plus belles tentatives de « normaliser » le tableur, *Lotus Improv* :

« Consider the spreadsheet. It is a protean, sloppy, plastic, flexible medium that is, ironically, the despair of all accountants and auditors because it is virtually impossible to reliably understand a truly complex and rich spreadsheet. Lotus corporation (now IBM), filled with Harvard MBA's and PhD's in CS from MIT, built Improv. Improv set out "to fix all this". It was an auditors dream. It provided rarefied heights of abstraction, formalisms for rows and columns, and in short was truly comprehensible. It failed utterly, not because it failed in its ambitions but because it succeeded. »

3.2. Une programmation d'un genre particulier

Rappelons brièvement ce qu'est la programmation d'un tableur au sens le plus élémentaire. Une feuille de calcul est composée de *cellules* disposées sur un tableau en lignes et en colonnes ; chaque cellule peut contenir soit une *valeur* introduite par l'utilisateur, soit une *formule*, en pratique une fonction, qui prend ses valeurs dans des cellules de la feuille ou d'une autre feuille et retourne son résultat comme valeur de la cellule où elle a été introduite. Toute modification de la valeur d'une cellule entraîne le recalcul des formules des cellules qui en dépendent. La conception d'un *programme* fait intervenir la création des cellules sur les feuilles de calcul et la

¹⁵⁰ <http://www.frankston.com/public/?name=ImplementingVisiCalc>

¹⁵¹ <http://adambosworth.wordpress.com/2004/11/18/iscoc04-talk/>

rédaction des formules qui aura pour conséquence d'établir les relations entre cellules et formules, suivant un modèle de calcul plus ou moins explicite.

La programmation d'un tableur se distingue par le fait qu'il n'y a pas de langage aux caractéristiques bien établies à l'origine mais plutôt un ensemble de fonctionnalités pour faciliter le développement rapide de calculs sur des tableaux (Abraham et al. 2009). À ce titre, le tableur n'est quasiment jamais employé pour l'enseignement de la programmation, même pour des débutants, alors qu'il est fréquemment présent dans la formation des étudiants en gestion¹⁵².

La programmation dans un tableur n'est pas *impérative* en ce sens que les instructions ne sont pas exécutées dans un ordre fixé par le programmeur. Alors qu'avec un langage impératif, le programmeur doit spécifier l'ordre d'évaluation des instructions, il en est complètement déchargé dans un tableur puisque les formules peuvent être ajoutées ou supprimées dans n'importe quelle cellule sans souci de l'ordre dans lequel elles seront évaluées. Cette absence de contrainte sur l'ordre des actions peut faire oublier à certains utilisateurs que l'écriture de formules relève bien de la programmation.

L'écriture de formules s'apparente à l'écriture de fonctions, à usage unique quand la formule n'apparaît que dans une seule cellule, ou à usage multiple en cas de recopie de la formule dans d'autres cellules, une manière de concevoir les itérations dans un calcul (Hodnigg et al. 2004). Pour étendre la liste des fonctions au-delà de celles qui sont fournies par le tableur, le programmeur devra faire appel à un langage externe associé au tableur, langage inspiré de Basic dans la plupart des cas. Faciliter l'écriture de fonctions par l'utilisateur a été sérieusement envisagé (Jones *et al.*, 2003).

Une autre caractéristique importante pour les utilisateurs est la possibilité de définir des *macros* permettant d'enregistrer et de nommer une suite d'actions, cette fonctionnalité étant très utilisée par les utilisateurs de tableurs pour remplacer des tâches répétitives par un *programme* dont ils n'ont pas à rédiger le code. On pourra noter que cette fonctionnalité est apparue très tôt – dès 1987, elle est présente dans la majorité des tableurs (Malloy, 1987) – et qu'elle est encore présente dans des applications très répandues comme les logiciels d'infographie par exemple.

Conçu pour pouvoir être adopté par des programmeurs initialement peu expérimentés, le modèle implicite de programmation est un modèle de développement incrémental. En effet, on peut n'écrire qu'une partie des formules sans pour autant rendre la feuille inutilisable, les seuls contrôles effectués portant sur la syntaxe des formules (impossible d'entrer une formule syntaxiquement incorrecte) ou sur une circularité dans les références (cette circularité pouvant entraîner une boucle infinie d'exécution peut être acceptée moyennant un paramétrage adéquat). Ainsi le tableur est parfaitement adapté à une méthode de

¹⁵² Parmi les exceptions, on pourra noter l'ouvrage de Soria et al. (1998) qui propose une initiation à la programmation à partir de Word et Excel.

tests et d'essais successifs d'hypothèses de présentation des données et de calculs, ce qui a fait son succès auprès des analystes¹⁵³.

Développer un programme par essais et erreurs n'est pas une pratique particulièrement recommandée en programmation mais elle peut être revendiquée en tant que telle par des spécialistes en gestion comme T. Grossman (2002) :

Spreadsheet users sometimes start programming with only a vague idea of what they are doing. Software engineering wisdom suggests this is poor programming practice. However, this can be excellent business practice, because exploratory modeling teaches users about their business.

Les tentatives pour adapter la conception d'une application aux évolutions changeantes des besoins exprimés se retrouvent dans des méthodes qui se revendiquent itératives et adaptatives comme le développement rapide d'applications ou les méthodes agiles.

Mais ce qui rend plus facile un développement incrémental de calculs sur un tableur en constitue aussi un des défauts majeurs.

3.3. Heurs et malheurs du tableur

Le développement de feuilles de calcul complexes par des non-professionnels de la programmation recèle des risques pour les entreprises. Ceux-ci ont été identifiés et analysés assez tôt ; ainsi, dès 1987, Brown et Gould publient une première analyse des erreurs que l'on pouvait trouver dans les feuilles de calcul à cette époque. Robert Panko (2000) qui a longtemps étudié ce phénomène estime que la proportion de tableurs contenant des erreurs oscille entre 20% et 40%. D'où une abondante littérature sur l'analyse des erreurs, sur les méthodes d'audit et sur les outils pour les détecter ou les éviter. Cette question, toujours d'actualité, est à l'origine d'un collectif, *European Spreadsheet Risks Interest Group* (EuSpRIG) qui organise une conférence annuelle et dont le site¹⁵⁴ contient une page spéciale sur les erreurs contenues dans des tableurs dont les conséquences sont les plus remarquables.

Lors de la conférence EuSpRIG de 2007, plusieurs intervenants, dont Stephen Powell du Dartmouth College (SERP), rappellent que les erreurs sont encore très présentes et soulignent que la perte de temps est un problème pratique encore plus significatif que celui des erreurs. En analysant un échantillon représentatif de 25 feuilles de calcul, Powell et al. (2009) ont montré qu'un peu moins de la moitié des erreurs n'avaient pas d'impact quantitatif mais que quelques unes portaient sur des montants importants, pouvant aller jusqu'à une centaine de millions de dollars.

¹⁵³ Berger M. (1982). Scenarios for Success: The Vision Of Spreadsheets. *Personal Computing*. n°4. Copie en ligne : <http://www.aresluna.org/attached/computerhistory/articles/spreadsheets/scenariosforsuccess>

¹⁵⁴ <http://www.eusprig.org/>

Présenter de telles erreurs et en discuter les types et les causes possibles ne nécessite que très peu de connaissances, essentiellement sur la syntaxe de l'écriture des opérations et des références¹⁵⁵.

4. Quelles ressources pour un musée ?

Parce qu'il en est à l'origine et qu'il en reste des traces nombreuses, passées et récentes, le choix du tableur pour représenter ce qu'est la programmation par les utilisateurs paraît s'imposer, à côté d'autres aspects plus contemporains liés aux développements du web ou de l'infographie. Nous nous centrerons donc essentiellement sur le tableur.

L'actualité du tableur et sa diffusion auprès d'un large public ont pour conséquence d'offrir un grand choix d'objets et de documents susceptibles de présentation dans un musée. De plus, les utilisateurs des premiers tableurs sont encore en mesure de témoigner des usages qu'ils en ont faits ou qu'ils en ont perçus. Nous discuterons ci-dessous quelques suggestions pour rechercher ou produire les éléments qui nous paraissent parmi les plus appropriés.

4.1. Les tableurs, les feuilles de calcul

Les principes qui sont à la base de la conception des tableurs ayant peu évolué depuis leurs origines, il serait intéressant de montrer plusieurs exemples de tableurs en fonctionnement sur plusieurs générations de machines. Les applications tableurs ont été diffusées dans de telles quantités qu'il ne devrait pas être difficile d'en choisir quelques unes parmi les plus représentatives.

A titre d'exemple, Dan Bricklin propose sur son site¹⁵⁶ une version de VisiCalc pour IBM PC. Ce programme, assez bien écrit pour fonctionner encore correctement sous Windows XP, utilise la documentation originale de VisiCalc fournie également par Bricklin.

Des exemples de feuilles de calcul ne manquent, ni dans la documentation distribuée avec les tableurs, ni dans les ressources publiées pour l'éducation et la formation, ni sur la toile. À partir d'exemples simples comportant des défauts, on pourrait aussi aborder le statut de ce que l'on nomme souvent « erreurs » dans un programme, leurs causes potentielles et quelques techniques employées pour les repérer et les corriger. Par ailleurs, montrer des exemples de très grandes feuilles de calcul permettrait d'exposer quelques questions relatives à l'identification de ces erreurs dans des programmes complexes mais cependant opérationnels : typologies d'erreurs, techniques d'audit.

¹⁵⁵ Notons que la notation A3, C2... de style « bataille navale », adoptée dans VisiCalc pour sa simplicité est toujours en vigueur dans les tableurs actuels.

¹⁵⁶ <http://www.bricklin.com/history/vcexecutable.htm>

4.2. Documentation et publications

L'abondance de la documentation écrite relative au tableur donne une idée de la variété des publics auxquels il s'adresse. Ainsi une requête effectuée sur le site de vente en ligne *Amazon.fr* en septembre 2012 et comportant le seul terme « Excel » retourne pas moins de 2500 ouvrages dont plus d'une cinquantaine publiés en 2012 ! La même requête effectuée sur le catalogue des bibliothèques universitaires retourne environ 1500 ouvrages en langue française publiés entre 1986 et 2012. On pourra au moins en déduire que l'utilisation du tableur a été une préoccupation largement partagée dans l'enseignement supérieur.

Les documents d'enseignement et de formation sont révélateurs de la manière dont la programmation est envisagée. À défaut d'une analyse approfondie des ces documents, on pourra cependant remarquer que les exemples de calcul sont très souvent présentés comme études de cas, inspirés de situations professionnelles. À titre d'exemple, on pourra noter que l'épreuve d'informatique du diplôme d'expert comptable comporte pour plus de la moitié des cas un travail pratique sur tableur¹⁵⁷. Trouver des exemples représentatifs de professions variées ne devrait pas poser de difficultés particulières.

La presse micro-informatique grand public a consacré de nombreux articles aux tableurs et à leur utilisation. Pour le monde anglophone, le magazine *Byte*, revue de référence en micro-informatique des années 80 et 90, contient des articles qui discutent du succès des tableurs et les chroniqueurs de l'époque présentent des arguments intéressants pour expliquer les raisons de ces succès, notamment sur l'interface et la prise en compte de l'utilisateur¹⁵⁸. On trouvera des articles analogues dans la presse francophone, *l'Ordinateur Individuel*, *Soft&Micro*, *Science & Vie Micro*, *Pom's*, ...

Le tableur a rapidement occupé une bonne place dans la presse spécialisée. À titre d'exemple, dans l'un des tous premiers articles consacrés à l'ordinateur individuel¹⁵⁹ dans l'encyclopédie *Les techniques de l'ingénieur*, le tableur arrive en tête des trois applications développées dans l'article, avant le traitement de texte ! Mais il n'a pas pour autant quitté l'actualité ; un billet publié sur *Le Monde Informatique* en juillet 2012 discute de l'intérêt relatif du tableur parmi les outils pour la décision : « La BI 4.0 tirailée entre le Big Data et Excel »¹⁶⁰.

4.3. Les témoignages d'acteurs

Les déclarations publiques des « inventeurs » du tableur et des commentateurs de cette époque ne manquent pas (Bruillard et Blondel, 2007). Les témoins

¹⁵⁷ Avenel M., Reymann S., (1999). Mathématiques appliquées, Informatique – épreuve n°5 DECF, Paris : Foucher. 368 p.

¹⁵⁸ Voir par exemple : *Byte*, vol. 8, N° 12, dec 1983, dossier *Easy Software*.

¹⁵⁹ *Ordinateur Individuel*, article H 170, 1984.

¹⁶⁰ <http://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lmi/lire-la-bi-40-tiraillee-entre-le-big-data-et-excel-49774.html>

francophones de cette période sont beaucoup moins nombreux à s'être exprimés. Il faut cependant mentionner quelques exceptions notables et particulièrement les publications d'Hervé Thiriez, professeur de modélisation à HEC, auteur d'une douzaine ouvrages sur les tableurs, de VisiCalc à Javelin, créateur de lettres spécialisées et de revues et qui publie un blog intitulé « Monsieur Excel - Pour tout savoir faire sur Excel ! »¹⁶¹.

Recueillir les témoignages des utilisateurs français des tableurs dans leur contexte professionnel serait une contribution importante. Les quelques entretiens que nous avons pu mener en 2005 auprès d'utilisateurs représentatifs inciteraient à poursuivre ces investigations. On trouvera quelques extraits de ces entretiens en Annexe I.

5 Discussion

Le tableur, objet facilement identifiable par un large public depuis quelques décennies, présente de nombreux atouts pour une présentation de la programmation par les utilisateurs. D'un point de vue historique, il permet de montrer comment un instrument informatique peut notablement se transformer, en particulier son interface, alors que les principes à la base de sa conception, et les techniques employées pour le programmer n'ont quasiment pas changé depuis les origines.

Il serait intéressant de mettre en relation, dans un musée, le rôle du tableur dans la panoplie des techniques de calcul et notamment de celles qui font appel à des représentations en tableau (Campbell-Kelly et al. 2003).

Ce modèle de tableau a une grande importance dans notre culture écrite, comme le souligne Goody (1977) en montrant le rôle qu'ont joué les listes et leur organisation spatiale dans la différenciation qui s'est opérée entre la langue orale et la langue écrite. Le tableur est un moyen d'informatiser ces tableaux, ce qui, au-delà des utilisations comptables, lui confère une importance qui nous conduit à interroger sa place actuelle dans l'éducation et la formation.

Au-delà du tableur, d'autres exemples de programmation par les utilisateurs peuvent avoir leur place dans un musée. Le développement de sites web, qui rassemble aussi bien des professionnels de l'informatique que des spécialistes d'autres disciplines ou des amateurs, est une activité comportant souvent une part de programmation. Exposer cette activité dans un musée permet d'évoquer des questions de langages, de normalisation, de développement collectif, de partage de ressources... et de formation.

Bibliographie

Abraham, R., Burnett, M., & Erwig, M. (2009). Spreadsheet programming. *Wiley Encyclopedia of Computer Science and Engineering*. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470050118.ecse415/full>

¹⁶¹ <http://monsieur-excel.blogspot.fr/>

- Brown P. S., Gould J. D. (1987). An experimental study of people creating spreadsheets. *ACM Transactions on Information Systems*, vol. 5, n° 3, p. 258–272.
- Bruillard, E., Blondel, F.-M. & Tort F. (2008). *Projet DidaTab, Didactique du tableur*. Rapport final. STEF. http://www.stef.ens-cachan.fr/docs/rapport_didatab_2008.pdf
- Bruillard É., Blondel F.-M. (2007). *Histoire de la construction de l'objet tableur*. Pré-publication. hal-00180912, <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00180912/fr/>
- Burnett, M. M., C. Scaffidi, (2011). End-User Development, In: Soegaard, M. and Dam, R. F. (eds.), *Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, Aarhus, Denmark : The Interaction-Design Foundation, http://www.interaction-design.org/encyclopedia/end-user_development.html
- Campbell-Kelly M., Croarken M., Flood R., and Robson E. (eds.) (2003). *The history of mathematical tables: from Sumer to spreadsheets*, Oxford University Press, 376 p.
- Dorn, B., & Guzdial, M. (2010). Learning on the job: Characterizing the programming knowledge and learning strategies of web designers. *Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems*. p. 703–712. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1753430>
- Goody J. (1977). *The domestication of the savage mind*, Cambridge University Press. Trad. française, *La raison graphique, la domestication de la pensée sauvage*, Les éditions de Minuit, 1979.
- Grossman T. A. (2002). Spreadsheet Engineering: A Research Framework, *Proceedings of the European Spreadsheet Risks Interest Group Symposium*, Cardiff, Wales, <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0711/0711.0538.pdf>
- Hodnigg, K., Clermont, M., & Mittermeir, R. T. (2004). Computational models of spreadsheet development: Basis for educational approaches. *Proc. European Spreadsheet Risks Interest Group Conference*. <http://arxiv.org/abs/0801.4274>
- Jones, S. L. Peyton, Blackwell, A. and Burnett, Margaret M. (2003): A user-centred approach to functions in Excel. *SIGPLAN Notices*, vol. 38, n° 9, p. 165-176.
- Ko, A. J., et al. (2011). The state of the art in end-user software engineering. *ACM Computing Surveys*, vol. 43, n°3, p. 1-44.
- Malloy R. (1987). This new crop of advanced programs offers multidimensionality and natural language, *Byte*, vol. 12, n°7, p. 69-75.
- Nardi B. A., Miller J. R. (1990). An ethnographic study of distributed problem solving in spreadsheet development. *Proceedings of CSCW'90*, p. 197-208. <http://www.miramontes.com/writing/ethno-spreadsheet/>
- Nardi B. A. (1993). *A Small Matter of Programming: Perspectives on End User Computing*. Cambridge, MIT Press. 178 p.
- Panko R. (2000). Spreadsheet Errors: What We Know. What We Think We Can Do. *Proceedings of the Spreadsheet Risk Symposium; European Spreadsheet Risks Interest Group (EuSpRIG)*, Greenwich, England. http://panko.shidler.hawaii.edu/SSR/Mypapers/EUSPRIG_2000.htm
- Powell, S. G., Baker, K. R., & Lawson, B. (2009). Impact of errors in operational spreadsheets. *Decision Support Systems*, vol. 47, n°2, p. 126-132.

- Power, D. J. (2004). *A Brief History of Spreadsheets*, DSSResources.COM, World Wide Web, <http://dssresources.com/history/sshistory.html>.
- Scaffidi C., Shaw M., and Myers B. (2005). Estimating the Numbers of End Users and End User Programmers. *VL/HCC'05: Proceedings of the 2005 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing*. http://www.cs.cmu.edu/~cscaffid/papers/eu_20050923_vlhcc.pdf
- Soria M. et al. (1998). *Initiation à la programmation par Word et Excel : principes et macros*. Paris, Vuibert informatique. 516 p.
- Tort, F. (2009). L'enseignement du tableur en France. *Informatique et progiciels en éducation et en formation*. Lyon, INRP, p.200-217.
- Tréménbert J. (2007). *Mesure des usages de l'informatique et situations d'usage*, M@rsouin (Môle @rmoricaïn de Recherche sur la SOciété de l'information et les Usages d'INternet). <http://www.marsouin.org/spip.php?article159>.

Annexe. Extraits d'entretiens sur les principaux emplois du tableur par différentes professions

F.L. directeur administratif financier dans une entreprise multinationale de production de matériaux

« La première chose que je fais quand j'allume mon ordinateur, c'est d'un côté j'allume Outlook, parce qu'il faut que je voie tous les mails qui sont en train de tomber et quel est le travail que je vais avoir à faire dans la journée, [...] ; et automatiquement j'ouvre de toutes manières une feuille Excel parce que je vais à peu près y travailler entre huit et dix heures par jour. »

C.S. consultant senior dans un cabinet de conseil

« Excel ça s'utilise ... surtout pour les analystes, donc des débutants avec une expérience de un, deux ou trois ans ça s'utilise de moins en moins fréquemment parce que effectivement, c'est pour calculer et ... pas forcément pour présenter. Donc j'utilise moins en moins Excel. »

« J'utilise Excel ... pour des calculs ... aussi comme base de données de temps en temps, parce que c'est simple, parce que c'est rapide. J'utilise Excel de temps en temps pour faire des graphiques, mais normalement les graphiques sont après transformés en PowerPoint... »

F.P. ingénieur d'études dans une administration publique

« On a de toutes façons des tenues très administratives ... de courrier, qui se font très souvent sous Excel. C'est pas qu'on ait une base de données de courriers trop importante, ça, ça peut se faire sous Excel. »

« On assure aussi des petits développements en utilisant les capacités d'équation de Excel... des petits développements calculatoires. »

« On va avoir un gros module de calcul, qui va nous donner les bases de calculs, et ensuite ces paramètres on va les réinjecter dans une base ..., dans une feuille de calcul Excel pour avoir des résultats très très pointus sur une ou deux petites particularités de la structure. »

« Il y a une troisième utilisation d'Excel qu'on faite, ... c'est l'exploitation des résultats de logiciels un peu plus complexes ... C'est-à-dire que le gros logiciel qu'on utilise pour faire le calcul des structures nous donnait autrefois des listings 'draps de lit', maintenant, il nous donne des fichiers qu'on importe dans Excel, dont on extrait par des macros uniquement les résultats qui nous intéressent pour faire de l'exploitation digestible type PowerPoint, ou des feuilles graphiques ... Alors on pourrait utiliser les capacités graphiques des programmes de départ, mais en général on peut avoir une personnalisation plus importante sous Excel qu'avec un programme général. »

H.O. contrôleur de gestion dans une entreprise multinationale de production de matériaux

« Je suis au contrôle de gestion donc je passe énormément de temps dans les chiffres et en particulier dans Excel. »

« Alors en fait Excel on s'en sert, ... je dirais comme outil de travail pour faire, je dirais de but en blanc, des tableaux d'analyse, avec ... les différents onglets, les formules de calcul,beaucoup les fonctions : j'utilise beaucoup les fonctions... un petit peu les graphiques, peut-être pas autant qu'on devrait les utiliser mais disons que ça, c'est les fonctions principales qu'on utilise, ... c'est à la fois des documents de travail et des documents de présentation, des documents qu'on diffuse dans l'ensemble de l'activité ... de la branche, et on se sert aussi d'Excel ...des applications qui permettent de transférer ...de ces applications vers Excel. »

Biographies

François-Marie Blondel est ingénieur de recherche au laboratoire STEF. Après avoir travaillé à la conception d'environnements informatiques et de ressources destinés à l'enseignement des sciences, il consacre l'essentiel de son activité de recherche à l'étude des usages des TIC dans l'enseignement secondaire.

Éric Bruillard est directeur du laboratoire STEF et enseignant chercheur en informatique. Ses recherches sont consacrées à l'articulation entre la conception et les usages des instruments informatisés dans l'éducation et plus largement à la didactique de l'informatique.

François Tort est maître de conférences en informatique au laboratoire STEF. Ses recherches sont centrées sur l'enseignement de l'informatique à tous les niveaux d'éducation et de formation, avec une attention particulière portée à l'utilisation des instruments informatiques.

La "petite mémoire" de l'innovation informatique.

Un exemple de patrimoine immatériel des anciens de chez Bull Périphériques Belfort : le réseau de télégestion SAFIR.

Camille Paloque-Berges

*Post-doctorante du LabEx Hastec (Pres Hesam)
Laboratoire DICEN (Cnam), 2 rue Conté, 75003 Paris
camillepaloqueberges@gmail.com*

RÉSUMÉ. L'association PB2I, ex-FEB Belfort, qui promeut l'héritage des entreprises Bull en situation de crise patrimoniale en 2011-2012, a montré le besoin de témoigner de son passé industriel vécu et pris en charge par Bull. Cet article fait la synthèse d'entretiens menés avec ses membres à propos de la mise en place en 1975 d'un système transactionnel de gestion industriel nommé SAFIR, innovation qui fait entrer les technologies de réseau dans la logistique d'entreprise. La « petite mémoire » est une notion permettant de questionner, au niveau micro-historique, le paradigme de l'innovation attaché au patrimoine et à l'histoire des réseaux informatiques, et, au niveau communicationnel, les relations entre mémoire individuelle et mémoire d'entreprise. On espère contribuer ainsi à la réflexion sur le patrimoine immatériel de l'informatique.

ABSTRACT. The non-profit organization PB2I promoting the heritage of French computer constructor Bull has been through a patrimonial crisis in 2011-2012 and has expressed a will to testify. We talked about a moment in this past when the factory logistics were modified by the arrival of a real time transactional system called SAFIR, first introduction of a computer network logic into product management practices. Analyzed as a « little memory », these testimonies help question, at the micro-historical level, the paradigm of innovation in computer history and heritage as well as, at the communicational level, the relationship between personal and industry memory. Thus, we hope to contribute to discussing computing immaterial heritage.

MOTS-CLÉS : histoire de l'informatique, Usages, Télégestion, Télécommunication, Témoignage, Mémoire, Oralité, Patrimoine Immatériel, Logiciel, Communication, entreprise

KEYWORDS: history of computing, usage, communication, testimony, orality, memoire, immaterial heritage, software, teleprocessing, telecommunication

1. Introduction

L'évolution rapide des technologies informatiques rend la sélection patrimoniale difficile, et l'un des cas les plus complexes est celui des réseaux numériques, à cause de leur nature en partie dématérialisée. Ils sont pourtant des objets intéressants pour comprendre la rencontre entre innovation et imaginaire, conception et usage, progrès et méfiance envers les technologiques. Le recours au témoignage oral peut venir pallier cette difficulté liée à la représentation patrimoniale des processus immatériels¹⁶².

Cet article relate un moment précoce des réseaux numériques en France à travers la mise en place d'un système de gestion industrielle en réseau (SAFIR) à l'usine Bull Périphériques Belfort en 1975, époque où les réseaux commencent à devenir symboles d'innovation et où les entreprises les intègrent comme solutions à des problèmes de logistique. Cet exemple illustre les premières expériences d'un réseau logistique informatisé dans un contexte d'innovation imposée¹⁶³. On cherche moins à faire l'histoire de l'informatique d'entreprise¹⁶⁴ qu'à analyser la mémoire liée à l'informatique de réseau et à réfléchir sur la question du patrimoine immatériel à travers le concept de « petite mémoire ».

Je détaillerai d'abord les circonstances de l'enquête menée auprès d'une association d'anciens employés de Bull (PB2I, ex-FEB Belfort) en situation de crise patrimoniale. Je définirai ensuite le cadre méthodologique et problématique en termes d'anthropologie de la communication. Seront ensuite proposées des analyses des entretiens dans deux perspectives : micro-historique, ciblant les ruptures et adaptations retenues par les mémoires individuelles, et communicationnelle, interrogeant ces mémoires dans leur rapport au discours d'innovation de l'entreprise.

2. Circonstances de l'enquête et précisions méthodologiques

L'enquête rapportée ici est avant tout circonstancielle, mais ces circonstances ne sont pas anecdotiques : elles témoignent de la politique patrimoniale de l'entreprise Bull face à son passé, et conditionnent les interactions entre l'enquêtrice et les enquêtés. Elles produisent du contexte, compris comme « *terme collectif désignant tous les événements qui indiquent à l'organisme à l'intérieur de quel ensemble de*

¹⁶² Champ lui-même complexe, à la croisée des pratiques et des discours, le patrimoine immatériel englobe les savoirs et savoir-faire dans leur oralité ou inscrits sur des supports variés, du mode d'emploi papier aux scripts de code des logiciels.

¹⁶³ Un « prix de l'innovation » a été remis par la Direction générale de Bull Périphériques Belfort aux membres de l'équipe « Systèmes Avancés » s'étant occupés de SAFIR pour l'étude fonctionnelle et technique, la réalisation, et la mise en œuvre opérationnelle du système de gestion. Comme détaillé plus bas, il n'y a jamais eu d'audit auprès des usagers du système.

¹⁶⁴ Le numéro 60 (2010/3) de la revue *Entreprises et histoires* (et en particulier les contributions respectives de Griset, Aaron et al., et Beltran) traite de ce sujet.

possibilités il doit faire un prochain choix », selon la définition de Bateson¹⁶⁵, et ce contexte favorise le travail de la mémoire.

2.1. Un besoin patrimonial auquel répond une expérience pédagogique

L'enquête à proprement parler n'a été conçue et réalisée qu'à l'issue d'un « processus par lequel les sujets s'influencent mutuellement » (Winkin, 2001, p.55), selon la théorie batesonienne de la communication, les sujets étant initialement pour l'un, liés à un projet pédagogique, pour l'autre, lié à un projet patrimonial.

Le premier contact avec l'association s'est effectué dans le cadre d'un programme pédagogique de culture générale sur l'histoire de l'informatique que je menais à l'IUT de Belfort-Montbéliard en 2011-2012. Le patrimoine industriel et technique belfortain est riche¹⁶⁶, abritant notamment le musée de la mécanographie tenu par une branche de la Fédération des Équipes Bull (FEB), que nous avons visité avec les étudiants de l'IUT, un réseau associatif d'anciens employés de l'entreprise : les différentes branches de ce réseau ont récupéré un ensemble de machines historiques de l'entreprise. Les FEB ont consacré leurs efforts d'une part à la valorisation et à la préservation de ce patrimoine matériel, d'autre part à la perpétuation de « l'esprit Bull » à travers la mémoire professionnelle des anciens. Certains de nos interlocuteurs ont travaillé chez Bull depuis 1960, date à laquelle l'entreprise implante en Franche-Comté une usine spécialisée dans la fabrication de matériel de cartes et d'imprimantes de pointe¹⁶⁷.

La FEB Belfort me fait part à cette occasion de leur situation critique : l'arrêt des aides financières apportées par Bull au réseau FEB en 2011 (loyer, charges des locaux, abondement des cotisations). La FEB Belfort se tourne alors vers les collectivités locales (mairie, Conseil régional et la société d'économie mixte SEMPAT) et obtient de la FEB nationale une « aide substantielle »¹⁶⁸. Elle redéfinit ses statuts autour de l'héritage industriel et technologique local et devient la PB2I : Patrimoine Belfortain de l'Industrie Informatique. Nous décidons d'un partenariat : j'initierai au second semestre mes étudiants à la communication des sciences et des

¹⁶⁵ Gregory Bateson cité par Winkin dans son *Anthropologie de la communication* (2001, p.65).

¹⁶⁶ Cf. en particulier les travaux en histoire et patrimoine des industries et techniques du laboratoire RECITS de l'UTBM, localisé à Belfort (par exemple Gasnier : 2011).

¹⁶⁷ Bull implante à Belfort en 1960 une usine de production de matériels à cartes et de périphériques qui devient en 1968 Bull Périphériques, « regroupant toutes les fonctions d'une entreprise y compris la commercialisation » (email personnel envoyé à l'auteur par Edmond Faure, membre de PB2I, septembre 2012). « Par périphériques, il faut entendre l'ensemble des équipements électromécaniques et électroniques nécessaires à l'encodage des données en masse (y compris outre les matériel à cartes, les écrans de saisie, dérouleurs de bande magnétiques, disques amovibles ou non et imprimantes rapides sur le site central). [...] La désignation de ce site d'étude et de production a suivi les évolutions capitalistiques et d'identité du groupe : Bull General Electric, Honeywell Information Systems, CII Honeywell Bull, Bull périphériques. » (précision de Maurice Favier, responsable de la communication PB2I).

¹⁶⁸ Lettre de René Beurrier, président de l'ex-FEB Belfort aux adhérents datée du 24 novembre 2011 et annonçant la création de PB2I, aimablement fournie à l'auteur.

techniques tout en les faisant travailler sur les supports communicationnels du musée (communication Web et audiovisuelle, guides pédagogiques). Le cadre de départ est donc une initiative expérimentale pédagogique répondant à une inquiétude patrimoniale¹⁶⁹.

2.2. Une volonté de témoignage à la croisée de la « petite mémoire » et de la mémoire d'entreprise

Parmi les besoins urgents exprimés par l'association se dégage de manière urgente la volonté de témoigner. L'expérience pédagogique et l'enquête qui la prolonge (et fournit la matière de cet article) recueillent le témoignage des anciens employés à la fois sur leur passé chez Bull, mais aussi dans une certaine mesure, sur leur frustration de voir leur mémoire individuelle déliée de la mémoire de l'entreprise.

Si la collaboration pédagogique est un argument clef de défense du projet patrimonial, l'urgence ressentie trouve son motif dans la réalité de l'échange. C'est lors de longues discussions entre étudiants, enseignante et membres de l'association que l'on se rend compte qu'il faut filmer les experts tant qu'il y a encore le temps. A l'obsolescence des machines, qui présente un problème passionnant pour le patrimoine informatique¹⁷⁰, répond une autre forme d'obsolescence, plus vitale : celle du patrimoine immatériel, les savoirs et savoir-faire des experts des machines, consacrés *de facto* guides lors des visites proposées au public mais menacés par le vieillissement. En plus de la charge émotionnelle engagée et partagée entre des collègues de longue date le plus souvent devenus des amis, l'inquiétude se fonde sur l'absence d'enregistrement de ces savoirs à la fois techniques et d'expérience. Les modes d'emplois et autres archives ne pourront restituer le discours du technicien ou ingénieur expert ; ils ne pourront pas non plus montrer et commenter la machine en marche. Cette urgence est difficile à exprimer dans des documents officiels : c'est à l'oral, de manière informelle, qu'elle devient évidente. La parole des membres actifs de l'association prend rapidement une place prépondérante au delà du projet pédagogique, et dévoile une variété d'expertises (les membres ayant chacun occupé des fonctions différentes à l'époque de leur activité), ainsi qu'une longue implication sociale liée aux métiers et à l'entreprise.

C'est dans ce contexte que je trouve l'opportunité de les interroger sur leur première expérience des réseaux numériques, qui marque le point de départ de l'enquête - et que d'enseignante je redeviens chercheuse¹⁷¹. Après une série de

¹⁶⁹ Les nouveaux statuts insistent sur l'élargissement des actions « *vers les acteurs de la société civile. [...] Notre souhait : **réussir** pour répondre en particulier aux demandes de visites de professeurs et étudiants des lycées et milieux universitaires proches.* » Ibid. ; la mise en gras est de l'auteur original de la lettre. Les statuts de l'association, fournis avec la lettre, développent en détails et prioritairement cette mission.

¹⁷⁰ Certains des adhérents ont encore l'expertise pour réparer les machines défectueuses, voire même pour créer des outils permettant la réparation, alors que les techniques remontent aux temps de la mécanographie (années 1950 et 1960).

¹⁷¹ Mes sujets de prédilection depuis ma thèse de doctorat impliquent l'imaginaire et les usages des réseaux numériques, en particulier d'Internet, d'un point de vue historique.

discussions sur le mode non directif, ils montrent le souhait de témoigner sur le projet de réseau de télégestion SAFIR auquel la plupart d'entre eux a pris part, comme responsables ou usagers. Nous passons bientôt à un mode d'entretien semi-directif (cf. plus bas le guide d'entretien).

L'enquête postule donc l'existence d'une mémoire sociale des métiers de l'informatique, attachée à la mémoire de l'entreprise Bull, mais transformée par une politique patrimoniale faisant à présent défaut. Cette transformation montre de nouvelles contraintes (en termes de financements essentiellement) mais dévoile aussi la possibilité pour des voix individuelles de s'exprimer à travers un nouvel engagement collectif et local. Cet engagement est une forme d'*accommodement* qui cherche ses normes sans relever d'une initiative institutionnelle ou organisationnelle (Tornatore, 2006). Je parlerai ainsi à propos des interlocuteurs de PB2I d'une « petite mémoire », afin de la différencier de la « grande mémoire », celle, officielle, de l'entreprise Bull ou plus généralement celle du patrimoine informatique lié à l'histoire des innovations techniques. Ce que j'appelle la « grande mémoire » de l'entreprise Bull reste hypothétique : je postule ici que le discours de Bull est marqué par la positivité, la volonté d'intégrer les grandes innovations d'époque, et je déduis cela de mes discussions avec les interlocuteurs (en particulier les responsables du projet).

Considérer ces mémoires comme distinctes est un *a priori* méthodologique afin de mieux écouter mes interlocuteurs et de répondre, dans une certaine mesure, à cette urgence du double témoignage (sur le passé chez Bull *et* sur l'héritage de Bull). Malgré cette volonté d'être à l'écoute des différences dans les discours mémoriels, je suis consciente qu'interroger les membres d'une culture d'action professionnelle implique de ne pas confondre la réalité des activités mémorisées avec la verbalisation de ces activités (Barbier, 2010). Aux altérations de la mémoire s'ajoute la rémanence des traces de « l'esprit Bull » souvent évoqué au cours des discussions ; les discours mémoriels se superposent et sont souvent indistincts. Les conditions dans lesquelles sont recueillis ces discours peuvent faire que ces derniers finissent par reprendre « *les catégories dominantes en cours* » (*ibid.*). M. F. (voir guide d'entretien), qui dirige le projet en 1974-1975, m'enjoint à rencontrer mes interlocuteurs sans lui, conscient du poids de sa présence, même trente cinq après. Il est néanmoins très soucieux de transmettre une mémoire qu'il juge factuelle (et donc officielle) : après relecture de mes résultats, lui et M. J. (concepteur du système) me renvoient de nombreux commentaires qui non seulement corrigent mes imprécisions mais aussi reprennent dans une large mesure celles, jugées telles, des autres interlocuteurs (ces commentaires *a posteriori* sont suivis d'une étoile '*').

Cependant, mon *a priori* méthodologique permet de tester l'hypothèse de cette « petite mémoire », selon une différence d'échelle impliquée par le regard micro-historique : l'« histoire spécifique » (Ginzburg et Poni, 1980) d'individus ou petits groupes permet de questionner l'historicisme attaché aux grandes histoires de l'informatique ainsi que de nombreuses initiatives patrimoniales. Elle permet de cerner les résistances souvent à demi-avouées au paradigme de l'innovation qui fait de l'évolution des techniques informatique un progrès *de facto*, en les retrouvant

dans le « vécu » exprimé (et parfois reconstruit) par les témoignages¹⁷². Je détaillerai dans mon guide d'entretien les questions qui mobilisent (voire orientent) les témoignages dans cette perspective.

3. Compte rendu synthétique des témoignages : se remémorer « ce qui change » lors d'une innovation informatique

L'association reçoit favorablement l'enquête, notamment parce qu'elle vient nourrir son nouvel effort patrimonial, et l'inscrit donc dans les prévisions d'activités pour 2012, en tant qu'« *Étude mettant en évidence les liens entre innovation – progrès technologique – impact social lors du passage de l'informatique à cartes perforées (mécánographie) à l'informatique transactionnelle (terminaux écran, ordinateur central et Systèmes de Gestion de Base de Données)* »¹⁷³. Si cela a pu orienter la parole, il faut noter que l'influence mutuelle lors de l'échange m'a aussi poussé à redéfinir de nombreuses fois ma propre problématique.

3.1. Définition de l'objet et guide d'entretien

La thématique des entretiens tourne autour des *usages conçus, prescrits, perçus et réels* de SAFIR, un système de gestion industrielle de type transactionnel mis en service chez Bull Périphériques en 1975 et adapté d'un système antérieur nommé COSMIC. SAFIR permet l'accès aux données à distance, reposant sur un réseau filaire dédié interne à l'usine reliant des écrans de télégestion et un SGBD (Système de Gestion des Bases de Données) intégré. Dans le cadre de la gestion industrielle des achats et approvisionnements de pièces de fabrication, elle a pour la première fois mis en contact (direct ou indirect) des employés aux statuts divers avec une technologie de réseau et un traitement de l'information en « temps réel » (permettant un dialogue de type question/réponse au rythme des dialogues parlés humains).

Les questions récurrentes ont concerné :

- le métier, la fonction et le statut de l'interlocuteur au sein de l'entreprise, ainsi que la manière dont il a été impacté par l'arrivée du nouveau système ;
- les pratiques sur le plan du rapport à la machine (principalement les interfaces), à l'échange d'information et de documents, avant et après la mise en place du système ;
- la perception et la mémoire du changement au niveau individuel, du service, de la hiérarchie ; les rapports entre norme prescrite par les responsables et logique personnelle d'utilisation de l'usager ;

¹⁷² La micro-histoire en appelle ainsi aux méthodes ethnographiques, afin de faire contraster « le caractère unilatéral des données archivistiques sur lesquelles l'historien travaille » avec « la complexité des rapports sociaux reconstruit par l'anthropologue dans son travail de terrain » (Ginzburg et Poni, 1980).

¹⁷³ Document prévisionnel d'activités aimablement fourni par les membres de l'association, et daté du 09 avril 2012. Les termes en gras sont d'origine.

– l'expérience de l'interlocuteur des machines informatiques et du dialogue homme-machine (professionnel et personnel) avant SAFIR et dans la décennie suivante, impliquant télégestion, transaction, interaction et télécommunication.

Il va sans dire que le degré de précision de ces questionnements s'est affiné au cours des entretiens et selon les interlocuteurs. Les entretiens ont été menés avec :

– M. F. : ingénieur qualité de l'équipe Systèmes Avancés ; a participé à l'étude fonctionnelle et à l'élaboration du schéma directeur du système en charge de l'installation du système entre 1974 et 1975 ; il s'est formé aux systèmes d'information et de gestion, transitant de la génération des matériels à carte aux SGBD électroniques. Il a joué un rôle non négligeable dans la coordination de cette enquête et les autres interlocuteurs ont été choisis sur ses conseils.

– M. J. : informaticien de l'équipe Systèmes Avancés qui a réalisé l'étude technique de COSMIC, défini l'architecture et la puissance du système central de SAFIR, conçu la base de données et installé le système transactionnel.

– M. T. : responsable au service achat ; préparait la commande des composants de produits en fonction des besoins émis par l'ordonnancement et la signifiait au système.

– M. B. : responsable au service méthodes, en charge de la préparation du travail : élaborait à partir des plans d'étude les modes de fabrication et outils nécessaires, notamment les documents exploitables par les opérateurs de SAFIR ; intervenait en amont du système de gestion des approvisionnements.

D'autres entretiens ont été envisagés mais n'ont pu être conduits par manque de temps ou par refus¹⁷⁴. Chaque entretien a duré en moyenne une heure, dans les locaux de l'association PB2I, et a été mené individuellement - à une exception près (M.F. et M.J. ensemble) - les 11 et 12 avril, 9, 10 et 24 mai 2012. D'autres membres étant continuellement présents dans les locaux, de nombreuses interruptions et intrusions ont eu lieu, ce qui n'a pas été découragée par l'enquêtrice souhaitant favoriser les digressions. Ils ont été largement complétés par des échanges courts de vive voix ou par courrier électronique.

3.2. Les premiers temps des réseaux : l'innovation entre technique et discours

Dans cette partie, on fera appel à des sources secondaires afin de compléter les connaissances recueillies sur les innovations liées aux réseaux informatiques à l'époque.

Les entretiens ont d'abord été consacrés à la compréhension de l'objet réseau. L'histoire de l'informatique retient essentiellement Internet comme le paradigme du réseau numérique fondé sur la télécommunication (email et échange de fichiers) ; en

¹⁷⁴ Parmi les entretiens souhaités non réalisés : une utilisatrice directe, gestionnaire qui validait ou modifiait les commandes grâce au systèmes de télégestion ; ou l'un des premiers utilisateurs, responsable au service ordonnancement.

1975, la suite protocolaire qui va bientôt le définir n'en est qu'à ses balbutiements¹⁷⁵. En 1985, l'expression « informatique de communication » embrasse un ensemble de concepts techniques qui concernent d'abord la communication à distance de données par paquets¹⁷⁶. Mes questions initiales étaient donc orientées par ce paradigme. Mon *a priori* « réseau = télécommunication » a créé une incompréhension forte de départ qui a perduré sous diverses formes¹⁷⁷.

La France commence véritablement à s'occuper de réseaux dans les années 1970 : l'axe de la commutation électronique est devenu un axe majeur de la recherche dans la décennie précédente et les réseaux de données ont commencé à se développer dans la dynamique de la modernisation des réseaux téléphoniques (Mounier-Kuhn, 2010, p.129 et 150). Bull expérimente la liaison Ordinateur-Communications pour transmettre des fichiers de données sur le mode des Datacoms en lignes de commande (dérivées des applications Telex)¹⁷⁸. Mais il a été difficile de situer SAFIR au cœur de la bataille entre télécoms et informatique (Schafer 2012) puisque le système de télégestion n'est ni une connexion virtuelle de type Transpac ni une commutation par paquet de type Cyclades (Griset et Schafer, 2012).

Ce n'est que relativement tard dans les entretiens que la définition technique de SAFIR en tant que réseau est précisée : « *SAFIR était un point à point birectionnel, de l'écran au système central ; pas une conversation entre deux écrans* », et entretient également une liaison unidirectionnelle du central vers des périphériques (imprimantes) déportées dans les ateliers (M. F.). C'est une connexion physique intra-filaire, c'est-à-dire un réseau dédié interne à l'usine. L'accent est mis sur le transactionnel davantage que sur le communicationnel : il transmet moins des données qu'il ne permet d'interroger à distance des bases de données afin de connaître l'état des stocks et de mieux formuler des demandes d'achats ou des ordres de fabrication des pièces ainsi que diriger les approvisionnements.

Le système est probablement l'une des dernières initiatives de l'entreprise pour devenir un « *'total supplier' de l'informatique* »¹⁷⁹ : sa commercialisation a été

¹⁷⁵ Le TCP-IP, qui fait des premiers réseaux numériques américains, puis mondiaux, un « entre-net », est mis au point entre 1974 et 1978. Cf. Hafner et Lyon, 1999 et Abbate, 2000.

¹⁷⁶ « *De mille à dix mille millions de caractères, telle est la moyenne de messages transmis chaque année par les compagnies multinationales. On peut distinguer huit catégories d'informations : données commerciales, données financières, réservations de voyage, données scientifiques et techniques, surveillance de l'environnement, transferts de fonds, données concernant les individus, données administratives ou gouvernementales* » (MNT-CNAM, 1985, p.85).

¹⁷⁷ Ceci étant largement dû à ma méconnaissance en termes d'outils de communication dans les entreprises, mais aussi à mon ignorance totale des méthodes de gestion en général, et de télégestion en particulier. Pour précision, j'ai aussi cru que le système dont ils avaient commencé à me parler était un système de gestion d'archives.

¹⁷⁸ « Bull et les communications », texte de Claude Rolland (http://www.feb-patrimoine.com/projet/dsa/histoire_communications_bull.htm).

¹⁷⁹ Pierre Mounier-Kuhn évoque cette politique dans le séminaire du Groupe Histoire de la Fédération des Equipes Bull : « *Le désir de Bull (ou de CII durant sa courte vie) de 1960 à 1990 d'être un 'total supplier' de l'informatique aurait nécessité une accumulation de compétences et une gestion attentive de celles-ci qui dépassait les capacités françaises. En*

envisagée¹⁸⁰, puisqu'il est considéré comme une véritable innovation, mais il restera un service de gestion interne, proposé sous une forme différente plus tard dans le cadre du service client¹⁸¹.

Le modèle est directement importé des États-Unis profitant des nombreux séjours transatlantiques des ingénieurs français, intéressés en particulier par les technologies de réseau¹⁸². Bull envisage dans les années 1970 de renouveler l'architecture de ses systèmes informatiques de gestion qui sont surtout adaptés à l'informatique en traitement par lot (*batch*) et les matériels à carte perforées. A cet effet est créée, sur le modèle américain, une équipe nommée « Systèmes Avancés » dont M. F. et M. J. font partie. Sa mission assume moins une mission de recherche et développement que d'anticipation sur les systèmes d'avenir et d'adaptation de technologies existantes : elle intègre donc parfaitement la logique d'innovation qui guide l'avancée des technologies informatiques. SAFIR est adapté depuis le système COSMIC (développé dans l'« usine soeur » de Honeywell-Bull dans l'Oklahoma) sur une machine GE 6000¹⁸³.

3.2.1. Une innovation imposée

Quelles sont les raisons derrière le choix d'un système comme SAFIR ? Comment la décision est-elle prise ? Ces questions ont été adressées en priorité aux interlocuteurs anciennement membres de l'équipe Systèmes Avancés, M. F. et M. J., chez lesquels transparaît une superposition de la mémoire individuelle et de celle d'entreprise. Leur discours de justification est pragmatique, mais davantage par induction (une rationalité imposée par la direction) que par déduction (à l'observation des usages des employés). SAFIR est une innovation imposée.

réalité, à partir de 1975, Bull a commencé à externaliser des portions de plus en plus importantes de son offre et de diminuer de plus en plus la valeur ajoutée de ses usines, ce que ne montre pas la croissance du chiffre d'affaires de 1975 à 1990. » (http://www.feb-patrimoine.com/nsrev/FEB_ACTU/60/febact-n%C2%B060.pdf).

¹⁸⁰ Bull commercialise le système Datanet, une interface entre système central et réseau pour les entreprises, ainsi que, plus tard, le système IMS7 (sur DPS7), similaire à SAFIR mais aux fonctionnalités plus étendues. « L'idée de présenter SAFIR au SICOB (salon annuel de référence pour l'industrie informatique de l'époque) a été avancée par un responsable commercial de Paris, et des contacts avaient été pris mais sont restés sans suite. Peut-être parce que SAFIR ne pouvait être commercialisé en l'état et aurait nécessité un effort sans rapport avec les perspectives commerciales du moment. Par ailleurs Angers, l'autre usine de fabrication de Bull, avait basé son architecture informatique sur des systèmes départementaux à base de 61DPS (machines fabriquées à Angers et fortement promues par Bull) complétées par une centralisation périodique sur GE600 ou 66. »* (M.F) Crouzet (entreprise d'électromécanique et instrumentation de la navigation aérienne) aurait développé un système similaire au même moment.

¹⁸¹ Le système sera plus tard inséré dans la version standard du TP (Transactionnal Processing) Honeywell Information System) dans le cadre du service client.

¹⁸² Voir par exemple le texte de Claude Rolland qui parle des voyages d'étude financés par la Délégation à l'Informatique dès 1970, ainsi que Mounier-Kuhn (2010) et Schafer (2012).

¹⁸³ À la suite de rachats successifs, Bull est associé aux grands constructeurs informatiques américains Honeywell et General Electrics (GE).

Le premier argument est celui de l'héritage américain. Le directeur de Bull Périphériques Belfort a observé le système COSMIC aux États-Unis et y envoie l'équipe Systèmes Avancés pour l'étude fonctionnelle du système. L'adaptation de COSMIC en SAFIR « *faisait partie du processus d'amélioration continue et permanente inhérente à la culture de Bull (industrie de pointe disponible et apport américain illustré par le « GO FOR IMPROVEMENT») »* »* (M. F.). Les visions techno-utopiques accompagnant la justification des industries technologiques de pointe¹⁸⁴ qui ont probablement été importées avec « *l'esprit COSMIC* », ne se retrouvent que dans le souvenir un peu vague de caricatures de l'équipe Systèmes Avancés (représentée sous la forme de cosmonautes) ayant circulé à l'époque. Interrogé sur les résistances à la mise en place de ce système, M. F. évoque ces caricatures en insistant sur le caractère humoristique du geste même s'il admet que l'on « *remettait en cause le rôle de certains, un fonctionnement établi* » et que des résistances devaient exister, même si elles étaient invisibles.

Le deuxième argument découle du premier : cet héritage semble générer deux forces qui permettent d'assurer la mise en place du système sans remous. Il s'agit d'abord d'une « *force de conviction* »* imposée par la direction (M. F. et M. J.) : « *On y croyait, on avançait* » (M. F.). M. F. s'appuie fortement sur cette croyance en l'efficacité du système : son travail était d'expliquer le comment, et non le pourquoi. Quand on lui pose précisément la question « Pourquoi ? », la réponse montre encore la croyance en une certaine idéologie de l'information aux fondements de l'innovation des réseaux informatiques (et toujours d'actualité) : « *la disponibilité de l'information était instantanée et fiable : cela satisfaisait les besoins de base* »¹⁸⁵. A cette force de conviction s'allie une force d'évidence qui la complète : « *L'acceptation du nouvel outil allait de soi* »* car il participe au caractère d'innovation défini par la recherche constante d'amélioration des techniques de travail. Cela se retrouve dans le discours de justification autour du budget alloué au projet, potentiellement illimité, « *un choix justifié par un bilan économique suffisamment positif pour couvrir les incertitudes des hypothèses* ». Cette justification montre la systémique à l'œuvre dans la justification : les dépassements de budget n'en sont pas, car ils sont de mise dans ce genre de projet (et donc systématiquement prévus et intégrés). Par ailleurs, le système n'est pas remis en question car « *l'évidence des gains apportés par SAFIR est telle que jamais un audit sur la réalité des gains escomptés et du taux de retour n'a été réalisé* »*. Ce caractère d'évidence reviendra dans les témoignages des autres interlocuteurs (l'efficacité du travail était améliorée) mais coexistera toujours avec le sentiment que le fond du travail n'a pas été modifié malgré les nouvelles techniques. Ce sentiment formulé par la mémoire individuelle traduit-il tardivement les résistances non

¹⁸⁴ Et notamment leur application dans la course aux étoiles et son développement parallèle en recherche nucléaire, dans lequel la France s'engage activement et officiellement en 1975 avec le Plan Calcul (Mounier-Kuhn, 2010).

¹⁸⁵ En effet, les développements technologiques autour des réseaux informatiques dans la seconde moitié du 20^{ème} siècle ont pour vision un monde interconnecté où l'information circule de manière sécurisée et rapide, concepts cruciaux dans l'idéologie de la société de l'information (Mattelart, 2001).

exprimées alors ? En se penchant sur l'innovation qu'est le temps réel, on analysera sur les effets induits sur les plans technique, social, et organisationnel.

3.2.2. *La nouvelle expérience du temps réel*

Le parc informatique de Bull Belfort est encore dominé, au début des années 1970, par les technologies mécanographiques et, sur le plan électronique, du traitement par lot (*batch processing*). Il existe déjà des systèmes à temps partagé (plusieurs utilisateurs peuvent utiliser des programmes différents sur un même central) via un réseau dédié à commutation (deux à trois consoles à clavier éventuellement équipées de lecteurs/perforateurs de bandes) relié à un ordinateur central à Paris. Chaque machine a sa spécificité et son mode de connexion particulier, longuement détaillés par M. J. L'originalité de SAFIR est sa capacité à interagir en temps réel avec l'utilisateur, capacité gérée par un processus transactionnel (le tout reposant sur un système d'exploitation nommé GCOS qui pilote les interfaces entre le SGBD et le processus transactionnel – appelé aussi TP, « Transactional Process »). Plusieurs utilisateurs connectés à la même application peuvent utiliser de manière indépendante le même programme client.

Dans l'histoire de l'informatique, le temps réel est décrit comme une révolution en matière d'interaction homme-machine (Aspray et Campbell-Kelly, 1997) : on commence à parler de dialogue puisque la machine « répond » en interagissant avec l'utilisateur, et non pas selon un processus automatique indépendant. Auparavant, il y avait une rupture dans la continuité des processus au niveau humain induite par un délai de réponse important (la machine collecte, traduit, traite, et restitue de manière automatisée des résultats après la soumission des demandes).

Techniquement, comme est perçue l'interaction ? M. T. est partagé sur cette question. S'il témoigne de l'efficacité au niveau de l'ensemble des processus, la réponse en « temps réel » n'est pas satisfaisante¹⁸⁶. La perception de ce temps, qui paraîtrait une infinité à un utilisateur actuel, est déjà objet de frustration pour des employés du service achat qui trouvent par ailleurs, comme le dit M. T., que le téléphone est une perte de temps et une source de confusion par rapport à la parole directe. « *Mon collègue G. frappait sur la machine car il ne supportait pas le temps d'attente* », rapporte-t-il, un tableau qui reviendra plusieurs fois dans son discours. C'est aussi une véritable contrainte dans le cadre d'un travail en « *occupation subie* », c'est-à-dire quand certaines priorités viennent perturber, techniquement parlant, certains processus. Par exemple, si le téléphone sonne, on perd la transaction.¹⁸⁷ La diversité des accès aux écrans et claviers dépend des fonctions

¹⁸⁶ « *Le démarrage du système et sa montée en charge (volume des données) a nécessité des ajustements et améliorations pour diminuer l'écueil principal rencontré : LES TEMPS DE REPONSE. Indépendamment des incidents informatiques (système central, réseau), les traitements programmés se sont révélés trop lourds dans certains contextes de données plus nombreuses que prévues : une optimisation a été nécessaire au pas à pas, à partir des mesures et problèmes relevés.* »* (M. J.)

¹⁸⁷ « *Même si cela n'a pas été mémorisé par les utilisateurs, un grand soin a été apporté à l'aménagement des postes de travail les plus sollicités : repose pieds, claviers escamotables, support orientable pour les écrans (aussi volumineux que des postes de télévision*

liées au métier ; certains ne se souviennent pas du tout avoir eu une réponse de la part du système après avoir entré les données, certains impriment des listings, comme au temps du traitement par lot. Pas de vision commune de l'interaction sur le plan technique, donc.

Ce qui semble marquer communément les esprits, c'est la difficulté à accepter ces nouvelles interactions comme réorganisation de la symbolique sociale. L'arrivée des écrans et des claviers réorganise l'espace du bureau en une géographie en étoile : « *Chez nous, ça a été un grand changement* » (M. T.). Aux box individuels et fermés succèdent des box collectifs et ouverts organisés autour des terminaux informatiques : loin de l'image positive contemporaine de l'*open space* en entreprise, cela dérange, moins pour des questions de perte d'intimité et de surveillance que parce que cette perte d'espace individuel implique un mélange des classes professionnelles. Si la consultation des données étaient parfois prises en charge par les responsables, leur saisie était toujours confiée à des opératrices spécialisées : l'interaction directe homme-machine était, selon au moins deux de nos opérateurs, une « *tâche avilissante* », en particulier quand il s'agit de manipuler un clavier : « *au début des claviers, je tapais en regardant derrière moi pour voir si personne ne m'observait* », se souvient M. T. tandis que M. B. déclare : « *l'essence de mon métier c'était pas ça [...] je ne voyais pas la valeur ajoutée : "vous n'êtes qu'un vulgaire opérateur, un conducteur de machines malgré votre super qualification"* » (une boutade formulée à destination des cadres qui eux interagissent plus facilement avec les machines, précise-t-il). Aux deux bouts du spectre, les cadres et les secrétaires sont les seuls vrais utilisateurs des machines¹⁸⁸.

Les véritables effets positifs du temps réel se font sentir en termes organisationnels ; l'innovation est davantage perçue sur le plan logistique (un outil mis à disposition d'industriels) que sur celui de l'informatique à proprement parler. Cela a des conséquences sur la pratique que l'on fait des objets innovants dans le contexte de l'industrie : elle s'arrête quand les « *besoins de bases* » sont remplis. L'innovation n'est pas un art pour l'art.

3.2.3. L'économie logistique : l'apparition du flux-tendu

Le traitement de l'information conditionné par les systèmes antérieurs est encore tributaire de la lenteur de la technologie mécanographique : avant SAFIR, on encode les données sur les cartes perforées pour calculer l'ensemble des besoins en composants et de leur statut lors de cycles très longs. « *On sait tout au dernier moment* », précise M. F., alors qu'on doit prévoir des plans de fabrication des mois à l'avance ; par conséquent, les pièces s'accumulent dans les magasins et deviennent des « *valeurs immobilisées* ». Cela implique un travail manuel important afin de rapporter les informations à jour : la localisation des pièces dans les stocks réclame un « *travail d'enquête* », des « *discussions sans fin* », se souvient M. T. : « *l'efficacité n'était pas au maximum pour des raisons de transmission*

cathodiques!), rideaux anti reflets sur la surface de l'écran, chaise ergonomique. » * (M.F.)

¹⁸⁸ « *L'état d'esprit de certains managers n'est pas encore ouvert à l'idée de manipuler par eux mêmes.* » * (M.F.)

d'information. On aurait aimé faire comme dans l'automobile : les pièces arrivent, on les monte tout de suite ». M. B. précise que chaque mise à jour doit être accompagnée de la vérification des éléments au niveau de l'environnement tout entier. SAFIR va notamment s'occuper de modifier automatiquement cet environnement informationnel, les employés n'ayant plus qu'à s'occuper de la pièce qui les concerne.

Le système d'information en réseau et en temps réel fait donc gagner du temps et de l'efficacité, comme le voulait l'argumentaire permettant la mise en place de SAFIR. On apprend à travailler « *au coup par coup* » (M. B.), une modification dans le rythme de travail. Un très grand nombre de digressions ont été consacrées à ces questions de gestion, aux techniques de nomenclatures et de bases de données, autant de processus pris en charge et systématisés par la machine. Mais cet apport logistique n'est pas perçu comme une innovation en termes de méthodes de travail, décrites comme distinctes des techniques transactionnelles. L'utilisateur impliqué dans un système d'information de ce type est toujours pris dans une chaîne de gestion. En ceci, ce qui ressort le plus des entretiens est que dans le fond, « *ça n'a rien changé, ou presque rien* », une phrase très souvent répétée par les interlocuteurs utilisateurs indirects du systèmes (achat et méthode).

On s'est penché sur la question du document, car il semble être le dénominateur commun à la méthode et à la technique informatiques, sa matérialité étant modifiée par l'informatisation de réseau.

3.3. La transaction de documents de travail : renouveler la communication autour de pratiques documentaires

SAFIR est un pionnier des systèmes d'information en réseau dans les entreprises françaises ; la transition d'usage qu'il permet d'effectuer est la transformation d'une documentation papier (ou orale, par téléphone) à une documentation électronique des commandes et achats. On verra ici comment l'objet réseau permet de repenser des questions de communication au support de l'information.

Le papier, sous la forme de cartes perforées, de notices ou de listing imprimés, a une place prépondérante avant l'arrivée de SAFIR ; mais après aussi : « *on notait les données lues sur l'écran sur des petits papiers* »¹⁸⁹ car les écrans faisaient mal aux yeux, une forme de résistance à l'innovation dont témoigne M. T. Si l'innovation ne change pas grand chose au métier, les pratiques de langage, et *a posteriori* de communication autour de l'information, évoluent.

¹⁸⁹ « *Les premiers écrans, bien que d'affichage rudimentaires (24 lignes sur 80 colonnes de caractères strictement alphanumériques (le « : » étant utilisé pour tracer des colonnes) en noir et blanc, coûtaient très cher et étaient répartis parcimonieusement pour une utilisation optimale. De même les imprimantes placées en copieur d'écran ou téléimpression.* »* (M.F.)

3.3.1. Les contraintes du dialogue homme-machine : des interprétations contradictoires

Un chef de service d'achat comme M. T. prépare une série de commandes qui seront ensuite frappées manuellement par les opératrices de saisie. Mais ces opératrices ne sont pas interchangeable, du moins avant SAFIR. Les acheteurs pouvaient avoir leur préférence en matière de secrétaires, selon leur maîtrise de la mise en forme et des modes de présentation des documents – « *au moins pour leur disposition, nous, on était maîtres du contenu* » précise M. T qui souligne le « *rôle de communication* » assumé par les secrétaires. Or, avec l'arrivée du système en réseau qui demande la création de fiches électroniques encore plus formatées (en tableaux dans lesquels on ne peut rentrer que des codes prédéfinis), la « maîtrise » du document change avec l'apparition de nouveaux formalismes de frappe : « *on n'avait plus le choix des secrétaires [...] ça ne me plaisait pas car je ne pouvais pas personnaliser ma commande* »¹⁹⁰. Le gain de fiabilité, à travers des structures plus lisibles *a priori* se fait « *au détriment de l'art, si je puis dire* » alors que de nouvelles contraintes viennent remettre en question le « *travail à l'ancienne* ». La commande d'achat devient une commande littérale puisqu'elle sera saisie dans le système, avec des phrases types qui ne permettent pas la formulation de phrases complètes selon les mots les plus appropriés : « *j'aimais dans mes commandes pouvoir exprimer les choses à ma façon, j'étais plus libre [...]. Pour un acheteur, rien n'est noir ou blanc* ». Cette diminution des possibilités d'expression est grevée par l'absence de transparence du système : « *on ne voyait plus rien : on frappait [...] on transmettait le document préparé à la main, puis la commande sortait et on la consultait* ». Le concept de boîte noire associé à l'informatique engage ainsi des frustrations dans les méthodes de travail proches de celles de tout nouvel utilisateur d'un système informatique.

Pour le concepteur du système, M. J., la transparence a un autre sens : « *pour les utilisateurs, c'était transparent* »¹⁹¹, dit-il avant de préciser, voyant ma surprise : « *oui, je veux dire qu'ils n'en avaient rien à faire* ». Pourtant, cette génération de travailleurs liés à l'informatique n'est pas encore au contact de ce qui va faire le succès des interfaces dites « transparentes », c'est-à-dire conversationnelles, graphiques et intuitives. Ces résistances sont aussi, et à nouveau, à mettre en relation avec la question du statut social et la symbolique qui lui est liée. Les interlocuteurs ne faisant pas partie de l'équipe Systèmes Avancés font état d'une formation auto-didacte, sur le plan général au sein de Bull mais aussi en particulier à propos de SAFIR, à propos duquel ils n'auraient été que très peu formés : cela entre en conflit avec ce que relate l'équipe Système Avancés, qui admet que « *les formations (et*

¹⁹⁰ « *C'est effectivement la réduction d'un champ considéré comme 'privé' pour certains responsables et acteurs, qui avaient l'habitude de conserver en exclusive des fichiers / données personnels.* »* (M.F.)

¹⁹¹ Il utilise en ceci le sens spécialisé du mot tel qu'utilisé dans le domaine de l'interaction homme-machine : plus l'interface permet d'utiliser facilement un processus informatique (une interface considérée comme plus simple d'utilisation que l'écriture de commandes informatiques et de langages informatiques), plus elle est dite transparente (Schneiderman, 1990).

manuels détaillés) [ont été] *probablement mal adaptés puisqu'elles n'ont pas marqué les mémoires* »* (M.F.) malgré la présence d'un correspondant informatique chargé d'expliquer les commandes et, le cas échéant, de faire remonter les rares suggestions d'utilisateurs. M. T. qualifie la communication en langage naturel de non ambiguë, car plus apte à exprimer les subtilités des négociations au cœur de son métier – et résiste en cela à l'idée que les langages formels se définissent par leur non ambiguïté. Pour lui, s'il y a une contrainte formelle, autant « *visser des boulons* ». M. F. réagit à ce qu'il interprète comme un « *ressenti mémoriel : la partie négociation perdure ainsi que le contenu textuel de la commande ; seule la mise en page du document et les données ont le formalisme est nécessaire au traitement informatique général sont contraints.* »* La différence de perception et d'interprétation de cette expérience réinvestit un débat lié au concept même de document : la forme n'est-elle qu'une forme abstraite sans effet sur les pratiques et contenus associés au document ? Ou au contraire fait-elle évoluer les usages de ces documents dans leur ensemble ? Ces questions sont débattues par des désaccord sur le sens même des mots dont le sens n'est pas totalement coopté au domaine informatique (transparence, ambiguïté) – un problème crucial pour tout discours patrimonial sur les sciences et les techniques.

3.3.2. *L'interaction homme-machine n'est ni créative ni communicante*

Au niveau du service méthode, on rencontre la même problématique : l'entrée en scène de codifications induites par le système modifie la préparation des documents de travail dans la forme, ce qui peut avoir des incidences sur la conception même du travail. Le « *langage machine* », comme l'appelle M. B. concerne un certain nombre de formalismes qui sont plus efficaces, mais « *moins parlants* ». On en vient alors à regretter dans une certaine mesure les « *palabres* » qui faisaient auparavant certes perdre du temps, mais permettaient plus de précision et de nuance dans la formulation des besoins. Le dialogue homme-machine est perçu comme une intégration et une simplification du dialogue de vive voix. À côté de l'expressivité contrainte des nouveaux langages, c'est aussi un problème de conceptualisation qui se pose : il n'est pas envisageable, pour quelqu'un comme M. B., d'être en situation créative quand on tape sur un clavier : la créativité (par exemple, le travail de sélection des éléments) ne peut que se faire en amont, dans l'anticipation des processus. Dans un travail « *au coup par coup* » impliqué par l'usage du système transactionnel, « *tout se construisait en dehors de la tête du concepteur* ». L'idéal de l'externalisation des processus (hors du cerveau humain, et confiés à la machine pour intégration et automatisation¹⁹²), l'un des moteurs de l'avancée considérable de la science informatique au cours des décennies précédentes, est mis à mal dans la conception de la créativité professionnelle.

Interrogeant plus avant M. B. sur cette question de la créativité, je me rends compte que derrière ce qui est présenté comme une théorie générale (une machine ne pourrait être créative par définition), une forme d'incomplétude du système en temps réel se révèle : comme évoqué précédemment, tous les utilisateurs n'avaient pas d'écran ni même d'imprimante pour lire les résultats. La manipulation directe,

¹⁹² Voir notamment, sur la question de l'ordinateur-cerveau, Aspray et Campbell-Kelly, 1997.

concept fondamental mis en avant les inventeurs les interfaces graphiques, prolongement des interactions en temps réel, n'est pas encore de mise : sans cet élément crucial, difficile de se projeter dans une approche créative de la machine¹⁹³.

Dans cet environnement informationnel très codifié, difficile aussi d'imaginer la possibilité de communiquer en langage naturel, mais à travers la machine. On reste dans un système très codifié : « *tout était verrouillé* ». M. F. évoque que cette possibilité a existé pour créer des messages d'alerte sur les pièces critiques ; certaines demandes de ce type émises auprès des concepteurs étaient restées lettre morte. Qu'en est-il, alors, de l'évolution de ce système en matière de télécommunication à proprement parler ? Sur le plan conceptuel, le système aurait pu accueillir de telles applications, mais la technique n'a pas été développée dans ce contexte.

Sur la question de la créativité, je suggère qu'introduire du langage naturel aurait pu réintroduire de l'humain dans la communication numérique (un des grands arguments aux fondements des « médias sociaux » d'aujourd'hui), mais mes interlocuteurs n'ont pas l'air d'accepter cette hypothèse : « *on ne pensait pas comme ça à l'époque : on ne savait pas que ça allait arriver* » (M. B.) Il faut attendre la décennie suivante pour que des systèmes de messagerie soient mis à disposition des employés sur des ordinateurs personnels ; mais, chez mes interlocuteurs, les souvenirs sont flous : « *ça a évolué très vite : il n'y en avait pas un d'arrivé qu'il était remplacé par un autre* » (M. B.). Le lien entre SAFIR et ces systèmes ultérieurs ne semble pas évident : « *faut parler aux gens du Cnet* », dit M. B. Cependant, M. B. et M. F. semblent d'accord sur l'idée fondamentale que la parole (le langage naturel) peut « *faire entrer de l'huile dans les rouages* » (M. F.), bien qu'un problème persiste : il n'est pas contractuel et on ne peut lui « *faire confiance* » comme on le fait avec le langage formel. « *Cela a peut-être été un blocage au niveau interpersonnel* », continue-t-il, « *un pilote unique doit pouvoir suffire à manager le flux logistique, et c'est sur quoi a démarré la télégestion* » (M. F.)¹⁹⁴.

Il semblerait que les hésitations à parler de la télécommunication viennent d'une hésitation à digresser hors sujet (à savoir, hors de la question de la télégestion et surtout hors du thème de la logistique). Mais on peut avancer l'idée que ce blocage relève aussi de la représentation que l'on s'est longtemps fait de la valeur des outils informatiques en matière de communication : peut-on « parler » à travers la machine ? L'informatique n'est pas considérée par nos interlocuteurs comme « une

¹⁹³ Douglas Engelbart, un des pionniers du domaine, n'a mis à jour ses travaux révolutionnaires en matière d'interaction homme-machine que depuis la toute fin des années 1960. En 1975, les laboratoires américains de Xerox Parc, qui fourniront le premier système d'exploitation complet avec applications en interfaces graphiques, sont en train de le mettre au point (c'est Steve Jobs qui s'en inspirera le premier pour des ordinateurs personnels Macintosh quelques années plus tard). Cf. Aspray et Campbell-Kelly, 1997.

¹⁹⁴ M.F. précise par la suite que cette idée du « *pilote unique* » relevait davantage du propos d'un « *directeur logistique* » et n'a « *pas été mise en œuvre ; elle aurait pu être l'aboutissement ultime de la mise en place de la télégestion mais n'en était pas le point de départ* »*.

fin en soi » : c'est « *un outil mis à disposition d'industriels, pas un gadget ni une sophistication* »* (M. F.).

Aujourd'hui (comme hier, dans certains milieux de l'informatique de pointe), ce genre d'idées serait vite taxée de passéiste, voire de technophobe. Mais c'est précisément cet écart avec les utopies présentes et passées qui est intéressant : l'histoire des réseaux numériques s'est largement écrite sur une technophilie à outrance de la communication universelle, ce que Pierre Musso critique comme une « *rétiologie* » (Musso, 2003). Sans prendre parti pour ou contre, il est cependant important qu'une réflexion patrimoniale sur les réseaux numériques prenne acte de ces résistances dans l'imaginaire des réseaux informatiques.

4. Conclusion

Cette enquête sur la mémoire de l'informatique dans un cas précis de système de télégestion transactionnel en temps réel permet ainsi d'interroger l'amont de la question patrimoniale posée à l'informatique, dans le domaine de l'immatériel (aussi bien en termes d'oralité que de savoir-faire et logiciels techniques). Il participe notamment à une réflexion sur les instruments de la technique : « *Comment sélectionner les objets représentatifs des cinquante dernières années ? Avec quels critères effectuer le tri ? Comme replacer les objets dans leur contexte ?* » (Cuenca, 2010), à quoi on peut rajouter : quelle mémoire privilégier ? Quelle est la valeur de la « petite mémoire » face à des mémoires d'entreprises qui ne retiennent que les progrès liés au paradigme de l'innovation ? Les entretiens rapportés ont montré que ce paradigme n'était pas, en soi, contesté : il est replacé dans un contexte précis, celui de la gestion industrielle et pensé avant tout selon des exigences logistiques : efficacité, réduction du temps des traitements, facilité des mises à jour, codification des commandes, valeur contractuelle de la communication technique. A l'échelle des usages individuels, on a pu retracer une trajectoire d'adaptation qui s'est faite sans grand heurts, mais en révélant des hésitations quand il s'est agi d'accepter les concepts de dialogue homme-machine en matière de positionnement social et symbolique, mais aussi conceptuel et communicationnel. Ce moment permet de voir que l'innovation technologique (au sens ici de « discours sur la technique ») est loin d'être synonyme de révolution : la perception du changement technique est ici très peu marquée, notamment parce qu'il concerne avant tout une série d'outils de travail qui sont encore loin d'être perçus comme « personnels », loin de la communication humaine. Cette remémoration difficile révèle des thèmes intéressants (autour de la créativité dans le dialogue homme-machine) en ce qu'ils concernent le cœur des transformations anthropologiques engagées par et dans l'informatique, et en particulier dans les rapports entre écriture numérique et manières de penser (Herrenschmidt, 2007).

Cette série d'hésitations de la mémoire du vécu rend la stratégie patrimoniale d'entreprise très difficile. A cet égard, SAFIR ne figure dans aucune histoire de Bull en ligne, bien qu'il puisse avoir été représentatif d'un moment d'évolution continue de l'objet « technologie de réseau », ou encore de renouvellement de méthodes de

travail par les outils de l'informatique, et ainsi être valorisé comme stratégie possible du patrimoine d'entreprise¹⁹⁵. Ce type d'objet complexe, probablement impossible à représenter comme tel dans un musée à part sous la forme d'entretiens audio ou vidéo, montre cependant un contexte d'usages de l'informatique, dans leurs pratiques et leurs représentations, qui est important à prendre en compte si l'on ne veut pas rendre totalement lisse la mémoire récente des nouvelles technologies.

Bibliographie

- Abbate, J. (2000). *Inventing the Internet*, MIT Press, Cambridge (Mass.).
- Aspray W. et Campbell-Kelly M. (1997). *Computer: A History of the Information Machine*, Basic Books, New York.
- Ballé C., Cuenca C. et Thoulouze D. (2010), *Patrimoine scientifique et technique. Un projet contemporain*, La Documentation Française, Paris.
- Barbier J-M. (2010). Cultures d'action et modes partagés d'organisation des constructions de sens. In *S.A.C., Revue d'Anthropologie des connaissances*, 2010/1, vol 4, n°1, pp.163-194
- Cuenca C. (2010). Patrimoine contemporain et culture scientifique et technique. In *Revue La Lettre de l'OCIM. « Musées, Patrimoine et Culture scientifiques et techniques »*, n°129, pp.21-27.
- Ginzburg C. et Poni C. (1980). La micro-histoire. In *Le Débat*, 1980/10, n°17, pp.133-136.
- Collectif (2010). In *Revue Entreprises et histoire*, 2010/3 (n° 60).
- Griset P. et Schafer V. (2012). « Make the pig fly ! » : l'Inria, ses chercheurs et Internet des années 1970 aux années 1990. in *Le Temps des médias*, 2012/1, n°18.
- Hafner, K. et Lyon, M. (1999). *Les sorcières du Net. Les origines de l'Internet*, Calmann-Lévy, Paris (traduit de l'américain de *Where Wizards Stay Up Late*, NewYork, Simon & Schuster, 1996).
- Herrenschmidt C. (2007). *Les Trois Écritures : Langue, nombre, code*. Gallimard, Paris.
- Mattelart A. (2001). *Histoire de la société de l'information*, La Découverte, Paris.
- Mounier-Kuhn P. (2010). *L'informatique en France de la seconde guerre mondiale au Plan Calcul. L'émergence d'une science*, Presses Universitaires de Paris-Sorbonne, Paris.
- Musso P. (2003). *Critique des réseaux*. PUF, Paris.
- Schafer V. (2012). *La France en réseaux (tome 1). La rencontre des télécommunications et de l'informatique (1960-1980)*, Nuvis, Paris.
- Schneiderman, B. (1990). Designing the User Interface, Strategies for Effective Human-Computer Interaction. In Branda, Laurel (ed.) *The Art of Human-Computer Interface Design*, Addison-Wesley, New York.

¹⁹⁵ Je renvoie à l'article de François Caron, « Patrimoine industriel et transformations technologiques » pour un exposé intéressant de différentes stratégies patrimoniales d'entreprise » (in Ballé, *et al.*, 2010, pp. 121-126).

- Tornatore J-L. (2006). Les formes d'engagement dans l'activité patrimoniale. De quelques manières de s'accommoder au passé. In Meyer V., Walter J.. *Formes de l'engagement public*. Presses Universitaires de Nancy. pp.515-538
- Winkin Y. (2001). *Anthropologie de la communication. De la théorie au terrain*, Seuil, Paris (édition originale : De Boeck & Larcier S.A., 1996).

Biographie

Camille Paloque-Berges est ancienne élève de l'ENS LSH et docteure en Sciences de l'information et de la communication. Elle est aujourd'hui post-doctorante du LabEx Hastec au laboratoire DICEN où elle conduit des recherches sur les communautés d'informaticiens français face à l'arrivée d'Internet en France, à travers la constitution d'un corpus d'archives de discussions électroniques (1985-1995).

Informatique 40 ans après: pour une typologie des mémoires à préserver

R.-Ferdinand Poswick

*Maison des Écritures, Informatique & Bible, asbl
11 rue de Maredsous, B-5537 Denée Belgique
cib@cibmaredsous.be*

RÉSUMÉ. Sur base d'une expérience de plus de 40 ans (1969-2012) dans le champs d'une informatique appliquée aux textes et documents, on tentera de donner ce qui nous semble la liste la plus complète des différentes traces d'une activité de ce type. Après quelques exemples montrant la source de cohérence d'une collection liée de près à la prise de conscience du passage de l'écriture alphabétique à l'écriture électronique, on décrira 20 ensembles en se demandant ce qui peut ou doit être conservé une fois la "mémoire vive" des acteurs disparue :

1. Lieux et locaux; 2. Personnes; 3. Analyses de projets et analyses informatiques; 4. Matériels; 5. Logiciels (progiciels) créés ou utilisés; 6. Journaux d'exécution; 7 Fichiers de données ou de programmes; 8. Données électroniques; 9. États imprimés; 10. Documentation administrative et courriers; 11. Les institutions; 12. Documentation technique et scientifique; 13. Éphémères techniques ou commerciaux; 14. Imprimés résultants de traitement informatisés; 15. Archives audio-visuelles; 16. Dossier de presse; 17. Réflexions et mémoires rédigés par les acteurs; 18. Publications techniques, scientifiques et synthétiques sur les applications; 19. Traces de télécommunications et courriels; 20. Inventaires électroniques.

ABSTRACT. On the basis of 40 years of computers' application in the field of texts and documents, this paper presents first the core of a coherent collection linked to the emergence of the consciousness of transition from alphabetic writing to electronic writing, and, then, what could be the complete list of memories to be kept when the living actors of this experience are gone!

20 fields of memorial will be described, with questions about « how to preserve what ? ».

MOTS-CLÉS : mémoires; traces; souvenirs; virtualisation; expérience humaine; transmission; informatique, écritures

KEYWORDS: memories, traces; remembrance; virtualization; human expertise; transmission; computer science; writings; scriptures

1 Introduction

Parce que les espaces de stockage n'étaient pas trop limités et que l'activité n'avait rien du caractère expéditif de travaux purement commerciaux, les équipes que j'ai dirigé depuis 1968 ont conservé des traces très diverses de la découverte progressive de l'écriture électronique – une découverte qui progressait également au rythme et au gré des évolutions technologiques.

Rien d'original, a priori, dans les travaux réalisés et dans les traces qu'on en a conservé? Il est évident que d'autres que les équipes du Centre Informatique et Bible à l'abbaye de Maredsous (Belgique), ont commencé, dans les mêmes années – et même avant – à utiliser des processus faisant appel, pour des segments de réalisations, aux machines électroniques programmables. Mais a-t-on gardé beaucoup de traces de la façon dont ils ont utilisé ces « calculatrices » en les transformant en machines pour les productions de base de la civilisation de l'écrit alphabétique, le livre (qui, au fil des ans, deviendra base de données en écriture électronique)?

2 Cohérence d'une Collection

La cohérence de la modeste « collection » qu'Informatique et Bible (I&B) cherche, aujourd'hui, à intégrer à un espace de mémoire plus large qui porterait sur l'informatique pionnière en Belgique, tient à une prise de conscience culturelle fondamentale induite par la nature-même des principales réalisations d'I&B. Cette prise de conscience est celle du passage de la civilisation fondée sur l'écriture alphabétique à une civilisation fondée sur l'écriture électronique.

En effet, le travail d'I&B a été originellement et principalement centré sur le texte, et, plus particulièrement, le texte de la Bible. Et non pas le texte pour en faire l'exégèse, la traduction ou un commentaire, mais avant tout pour l'éditer dans la tradition gutenbergiennne. Ce qui suppose une confrontation avec cette matière culturelle spécifique – il y faut aussi, bien sûr, l'exégèse, la traduction, le commentaire, etc – qui exige de maîtriser également le matériau textuel jusqu'au niveau typographique.

Or, on se trouve là, au lieu précis où l'on sera confronté à l'histoire de l'écriture, et, plus largement, à l'histoire de la communication humaine.

3 De l'écriture alphabétique à l'écriture électronique

La naissance de la Bible coïncide avec l'implantation du système de fixation des mémoires humaines sous forme de glyphes phonétiques plutôt que de représentations pictographiques. Toutes nos écritures alphabétiques dérivent de l'écriture proto-sémitique orientale qui s'est développée à partir de 1.500 avant notre ère à Babylone et qui se répandra en se diversifiant dans tout le Proche-Orient, puis

autour de la Méditerranée, en donnant naissance aux écritures grecques, coptes, phéniciennes, latines, arméniennes – et, plus tard, arabes, puis cyrilliques.

Cette découverte technologique de l'écriture alphabétique, un saut d'abstraction pour le cerveau humain¹⁹⁶, va faciliter l'échange commercial en créant le « contrat écrit », qui se traduira, au plan de l'organisation sociale en une fixation de règles ou de lois (la Thora) faciles à transmettre de générations en générations (l'Histoire) et à actualiser (le Commentaire, la Prophétie).

En travaillant à l'édition de ces textes et en adoptant, pour ce faire, les technologies de l'informatique naissante (le travail proprement informatique commence pour I&B en 1971), I&B est amené en permanence, et depuis plus de 40 ans, à confronter la culture qui est l'objet de son travail, aux outils de production et de communication de la culture nouvelle émergeant de l'utilisation de ce que nous finirons par nommer l'écriture électronique.

4 La typographie électronique

Pour la prise de conscience de ce basculement culturel qui est au cœur de la collection mémorielle d'I&B, l'obligation de commencer le parcours informatique par le métier de la typographie électronique, a permis de relativiser fortement ou de mieux situer la place exacte de l'« invention » de l'imprimerie dans l'évolution qui mène de l'écriture alphabétique à l'écriture électronique. Gutenberg et ses émules ont permis, grâce à la conception et à la mise en œuvre des « caractères mobiles » – une invention qui n'aurait pas été applicable à des systèmes d'écriture qui comptent de trop nombreux glyphes, comme l'écriture chinoise – d'accélérer le processus de production et donc de diffusion des mémorisations alphabétiques. Du coup, toute la chaîne culturelle de la lettre alphabétique s'est développée à une vitesse et avec une ampleur inconnues jusque là: après la Renaissance et le siècle des Lumières, premiers signes d'accélération de la machine culturelle, l'expansion de l'imprimé fait naître la culture technicienne, scientifique et industrielle qui finira par produire le calculateur programmé qu'est l'ordinateur.

Comment donc garder les traces de cette prise de conscience?

Une série de « premières », tant du point de vue des acteurs de ces travaux que du point de vue de ces travaux eux-mêmes (même limités à leur domaine restreint, mais si fondamental!), a permis cette prise de conscience d'un bouleversement culturel. Si l'on a conservé des traces, sera-t-il possible de les transmettre de façon qu'elles puissent aider les générations futures à mieux mesurer la continuité et les ruptures?

Quelques exemples permettront de mieux saisir ces prises de conscience et la façon dont on en garde des traces.

¹⁹⁶ Voir: Régis Debray, *Dieu, un itinéraire*, Odile Jacob, 2001.

Ensuite, et de façon un peu plus systématique, on proposera et on évaluera une série d'éléments constitutifs de ces expériences en se demandant ce que l'on peut et ce que l'on doit en conserver, et comment.

5 Trois exemples

5.1. Informatiser l'orthographe

En 1970, on commençait l'installation des premiers IBM-360 à la Caisse Générale d'Épargne et de Retraite (C.G.E.R.- A.S.L.K.) de Bruxelles. Il n'y avait pas, à cette époque, en Belgique, d'École spécialisée en informatique¹⁹⁷, seulement quelques cours sur les nouveaux moyens de calcul donnés aux ingénieurs dans les universités et Grandes Écoles. On apprenait l'informatique « chez le constructeur ». L'avis donné par le conseiller scientifique d'IBM-Belgium aux deux moines bénédictins qui prétendaient traiter l'édition d'une concordance verbale et thématique de la Bible à l'aide d'ordinateurs, fut: « Devenez analystes et programmeurs pour pouvoir adapter ces techniques à la matière propre que vous voulez traiter et qui est bien éloignée des préoccupations et objectifs de la majorité de ceux qui utilisent ces machines à calculer en physique nucléaire, statistique et autres, où les mathématiques sont reines ». La femme de M. David Hirschberg, Lydie, s'intéressait aussi à ces nouveaux outils; elle avait fondé le premier laboratoire de linguistique assistée par l'informatique à l'Université Libre de Bruxelles (U.L.B.) et avait développé un programme de terminologie multilingue (5 langues européennes) sous le nom de DICAUTOM¹⁹⁸. C'est elle qui orientera le choix des apprentis informaticiens vers le COBOL qui, au-delà de l'ASSEMBLER absolument indispensable à cette époque pour des routines un peu pointues, était mieux adapté au traitement des caractères par rapport au FORTRAN qui traitait mieux les chiffres!

Et voilà nos deux bénédictins engagés dans les cours intensifs qui formaient analystes et programmeurs chez IBM-Belgium, tout en lançant presque simultanément le travail de mise sur cartes perforées de 80 colonnes des 300.000 fiches de format bibliographique créées manuellement en vue de la constitution de cette table analytique de la Bible qui paraîtra sous forme imprimée en février 1974¹⁹⁹.

Première confrontation de la lettre alphabétique avec l'écriture électronique: à l'époque (1971), la filière d'utilisation des IBM-360 n'offrait pas, avec son code EBCDIC, la possibilité d'adresser directement des lettres accentuées (nombreuses et significatives en français!). Il nous fallait, en plus, pouvoir signaler dès le départ, les lettres capitales qui n'étaient pas appelées par leur position (après une ponctuation forte, par exemple). Il a donc été nécessaire de prévoir et programmer, puis faire encoder les données, avec un interface qui nous permette, en fin de traitement,

¹⁹⁷ L'Institut d'Informatique des FUNDP (Namur) s'ouvre en 1971.

¹⁹⁸ Ce qui deviendra le noyau de la Banque de données terminologique Eurodicautom encore utilisée par les 9.000 traducteurs des institutions européennes.

¹⁹⁹ *Table Pastorale de la Bible*, Paris, Lethielleux, 1974, 2011².

d'obtenir une typographie française conforme à l'orthographe. Il était donc nécessaire de « coder » les mots français: majuscule (hors position) = « / »; accent aigu = 1; accent grave = 2; accent circonflexe = 3; tréma = 4; cédille = 5, en veillant à ce que ce codage soit très mnémotechnique pour ceux qui perforaient les données²⁰⁰. Au programmeur de gérer la séquence des codes pour rétablir, en sortie, la graphie correcte.

Par la suite, il s'agira de faire le même de genre de sport pour représenter tous les accidents grammaticaux et graphiques de l'hébreu/araméen, du grec, de l'arabe, du syriaque... puis de plusieurs langues modernes autres que l'anglais! Et cela jusqu'au jour où des glyphes de différents jeux de caractères seront offerts sous forme d'images adressables, d'abord de façons variées en ASCII, puis de façon théoriquement unifiée à travers l'UNICODE.

Et si cela se programmait à l'origine pour des photocomposeuses électroniques (Hell-Digiset-Siemens de l'Imprimerie Nationale à Paris, à partir de 1972) ou des imprimantes à laser (IBM-3800, à partir de 1979, les premières à permettre d'imprimer des caractères hébreux à peu près corrects), ce fut le même effort pour afficher de tels caractères sur les premiers écrans graphiques TEKTRONIX (1980).

5.2. Du livre à la base de données

Si tout le texte de la Bible hébraïque vocalisée et cantillée fut encore enregistré, entre 1976 et 1980, dans le type de codage évoqué plus haut sur des cartes perforées de 80 colonnes (après avoir été entièrement transcrit sous cette forme sur des bordereaux de 80 colonnes et 25 lignes), il fallut attendre l'avènement des micro-ordinateurs, et notamment le premier IBM-XT (1984) auquel il fallait adjoindre un disque dur extérieur avec suffisamment de mémoire (60Mb), pour présenter la première Base de données de l'hébreu massorétique associée à un programme de recherche multicritère²⁰¹. Cela se passait en 1984-1985 et fut présenté à la première conférence organisée par l'Association Internationale Bible et Informatique (A.I.B.I., fondée par I&B en 1982) à Louvain-la-Neuve en 1985, puis à la Conférence annuelle du groupe de contact CARG (Computer Assisted Research Group) récemment créé au SBL-meeting à Chicago la même année, avec notre associé Ronny Benun de Brooklyn.

Ce qui, jusqu'alors, s'était toujours présenté sous forme d'un « livre » (les Concordances de la Bible, le seul livre jugé digne, jusqu'à très récemment, de ce genre de travail démentiel depuis qu'Hugues de Saint-Cher en avait fait un premier modèle vers 1235 au couvent dominicain de Saint-Jacques à Paris, une réalisation qui exigeait un très long travail de préparation, de fabrication, puis de distribution d'un bloc de papier qui pesait de 2 à 4 kg, voire plus!), cela devenait soudain un autre objet, dont les éléments se stockaient sur des bandes magnétiques, puis sur 135

²⁰⁰ Exemple: *été* = 1ET1E; *père* = P2ERE; *Père* = /P2ERE; *êtes* = 3ETES; *aiguë* = AIGU4E; *çà* = 5C2A; etc.

²⁰¹ *Mikrah-Compucord*, Maredsous-Brooklyn, 1985.

disquettes de 5¼ ou un disque de 60Mb, accessibles par des programmes écrits en BASIC.

5.3. Livre et Minitel

Le 30 juin 2012, Orange a arrêté définitivement ce qui restait des services Teletel. Les terminaux Minitel ont commencé à être distribués largement par France-Télécom au cours des années 1984-1985, suite aux essais réalisés en Ile-et-Vilaine en 1982 et à l'ouverture, cette même année, de l'Annuaire électronique.

Dès 1987, pour la première fois dans le monde de l'édition, Informatique & Bible présentait à Paris, simultanément, la version imprimée du *Dictionnaire Encyclopédique de la Bible* et sa version en Base de données accessible avec le programme de recherche STAIRS sur le serveur GENETEL (Bordeaux). Et, l'année suivante (1988), avec cette même application, I&B établira la première liaison d'un Minitel entre la France et Israël à l'occasion de la 2^{ème} Conférence de l'Association Internationale Bible et Informatique (A.I.B.I.)²⁰². Ce même dictionnaire dans sa 3^{ème} édition est désormais accessible, à l'aide du moteur de recherche *Knowhowsphere* pour Bases de données enrichies, tant dans le WEB que dans une version pour mobiles (*KHSmobi*), avec des bibliographies mises à jour jusque fin 2010.

6 Que conserver d'expériences pionnières dans notre champ d'application et comment?

Archiver c'est garder, pour le moyen ou le long terme, des traces d'une réalité qui a été vécue ponctuellement ou de façon récurrente (avec des variantes) durant une période plus ou moins longue dans un environnement qui ne cesse de se modifier au fil du temps.

Quelles sont les traces dont il faut garder mémoire? et sous quelle forme conserver cette mémoire? Je donne ici ce qui me semble constituer la liste des différentes traces d'une activité. Par facilité et par souci d'être concret ce descriptif est fait sur base des applications pionnières de l'informatique à la Bible, aux textes, aux documents, aux archives durant une période de 40 ans s'étendant de 1969 à 2009, par l'équipe d'Informatique & Bible. I&B conserve de nombreuses traces matérielles ou virtuelles pour chacun des éléments évoqués.

Quelle serait les différences entre un tel ensemble que l'on peut considérer comme une "mémoire vive" et ce qui en serait conservé hors la présence des acteurs?

²⁰² R.-F. Poswick et J. Bajard, *COMPUCORD de Mikrah: une base de données en accès interactif sur micro-ordinateur pour tout le texte massorétique (B.H.S.) et ses équivalents lexicaux dans la Bible anglaise (R.S.V.)*. Actes du Second Colloque International Bible et Informatique: Méthodes, Outils, Résultats, Jérusalem, 9-13 juin 1988, Paris-Genève, Champion-Slatkine, 1989, pp. 87-98.

Voici les éléments de cette « mémoire vive » dont on trouvera le détail discuté dans l'Annexe 1.

- Les *lieux* et les *locaux* : ils peuvent avoir une signification culturelle, mais ils peuvent aussi conditionner le travail et en garder des traces.

- Les *personnes*: leur cheminement individuel et leur interaction dans une équipe est à la base de tous les projets.

- Les *analyses de projets* et les *analyses informatiques* fonctionnelles: ce sont les cadres qui permettent de comprendre les programmations.

- Les *matériels*: si on peut les conserver, ils sont souvent l'ossature principale d'une présentation muséale. Mais il est difficile et coûteux de vouloir les garder opérationnels.

- Les *logiciels*: ils peuvent être créés ou simplement utilisés; ils peuvent être une intégration de routines créées ou réutilisées. La connaissance des langages de programmation est nécessaire à leur conservation.

- Les *journaux d'exécution* signalent les accidents de parcours, les étapes de recherche, les essais, les durées de réalisation.

- Les *fichiers de données ou de programmes*: s'ils sont conservés, en a-t-on le catalogue? Peut-on distinguer ceux qui sont opérationnels de ceux qui sont conservés à titre purement archivistique?

- Les *données électroniques*: que peut-on savoir de l'intérêt que pourrait représenter, dans le futur, certains éléments qui ont été conservés sous forme électronique mais qui demandent un certain travail pour une exploitation actualisée (fichiers en code EBCDIC, par exemple)?

- Les *listings*: il y en a de moins en moins, mais toute la période pionnière de l'informatique en a produit énormément. Conserver l'idée des masses que cela constitue a-t-il un intérêt?

- La *documentation administrative et comptable*: elle donne des dates précises et situe les projets dans l'économie et la société.

- Les *institutions*: elles sont le cadre dans lequel les projets ont été réalisés. Assemblées générales, Conseils d'Administration, Conseils de Direction reflètent et conditionnent les développements.

- La *documentation technique et scientifique*: elle va du manuel d'installation d'un matériel à une bibliothèque spécialisée dans les domaines utiles aux applications.

- Des « *éphémères* », s'ils ont été conservés, permettent de comprendre l'offre globale de l'informatique dans les domaines d'application à différents moments des réalisations.

- Des *livres imprimés* ou des outils de distribution de bases de données électroniques, représentent, dans nos domaines, des traces de résultats.

- Les *archives audio-visuelles* font revivre lieux, personnes et matériels en activité. Mais c'est souvent très épisodique et peu technique.

- Un *dossier de presse* montre l'écho des réalisations pour un plus large public.

- La *réflexion synthétique* sur l'activité ou les réalisations est souvent représentée par des articles dans des périodiques ou des Actes de colloques et conférences.
- Il peut exister également des *publications techniques* sur les applications.
- Des *bases de données* donnant de l'information sur différents aspects des applications peuvent exister. Sont-elles figées ou dynamiques?
- Dans cette ligne un *Inventaire électronique* de toutes les sources diverses de mémoire peut également exister et permettre de naviguer et de rechercher ce qui semble intéressant. Comment conserve-t-on de façon dynamique ce genre de mémoire?

7 Conclusion:

Si l'on tente de regrouper les différentes sources qui forment l'état 'bilantaire' d'une entité historique ayant travaillé pendant près de 40 ans dans le domaine de l'informatique appliquée, on peut, me semble-t-il, délimiter certains ensembles dont la permanence, sans un traitement conservatoire volontaire, sera plus ou moins rapidement mise en question:

- a) L'expérience vivante et la mémoire biologique des acteurs pourraient constituer les traces qui disparaîtront le plus vite et souvent le plus complètement. Il y a, cependant, quelques traces que l'écriture électronique peut aider à conserver: images fixes ou mobiles, sons d'interviews, dossiers personnels des différents collaborateurs.
- b) Les lieux et locaux subsisteront plus longtemps, mais ils peuvent ne plus garder aucunement les configurations qui ont servi de cadre à l'activité. L'image électronique peut suppléer dans une certaine mesure.
- c) Les créations complexes dans lesquelles données et algorithmes sont mêlés pour représenter un ensemble interactif aléatoire, éventuellement susceptible d'intégrer, à la volée, de nouveaux éléments, risquent d'être liées à la permanence des acteurs qui les ont mises en œuvre, qui les mettent à jour et les animent.
- d) Tout ce qui peut représenter un 'écrit' imprimable (la très grande majorité des éléments décrits ci-dessus), peut subsister, soit tel quel si les conditions de conservation (espace, humidité) sont favorables et les espaces disponibles, soit sous forme d'un fichier électronique de textes ou d'images. On notera au passage que bien des 'impressions' des premières époques d'imprimantes (poussière d'encre) ou de télécommunications (fax à papier thermique) auront probablement disparu si elles n'ont pas été recapturées électroniquement.

Mais, sans un type d'inventaire ou de descriptif qui relie ces ensembles de documents, ils peuvent vite devenir sans intérêt car on risque de ne plus être en mesure d'en percevoir l'intérêt. Le poids et l'encombrement poussent à l'élimination de ces données qui disparaissent à tout jamais si elles n'ont pas fait l'objet d'une virtualisation au moins sélective!

- e) Il y aurait donc à privilégier la conservation des sources synthétiques (Annexe 1, n° 17 et 18) si l'on n'a pas la possibilité de créer une Base de données

structurée reliant l'ensemble des traces de mémoire ... et peut-être de tirer une impression sur papier non-acide ou sur microfilm des éléments les plus importants à mémoriser.

f) Et, dans tous les cas de mémorisation sous forme d'écriture électronique, les différentes normes prudentielles de conservation devraient être d'application. Sur ce sujet, on verra, en Annexe 2, les remarques judicieuses de ma collaboratrice Yolande Juste à l'occasion de la constitution, le 29 octobre 2009, du Réseau de Préservation des Patrimoines Informatiques.

Annexe 1: R.-F. Poswick, Vingt éléments de mémoire conservés chez I&B

1. **Les lieux ou locaux:** ils se sont succédés divers; ils ont, ensuite, été utilisés autrement et ont été transformés pour la plupart. Les seules traces peuvent être des descriptions, des photographies et/ou des plans. Un lieu historique peut devenir un cadre muséal. Le mode d'implantation de certains matériels et notamment l'installation d'un câblage spécifique sont déjà souvent liés à une analyse de configuration de l'environnement de travail. L'évolution des types de câblage et de la nature des connexions dit quelque chose de l'utilisation des matériels électroniques à une époque donnée. Conserve-t-on, et comment, une trace de ces choix? Conserve-t-on des exemples de types de matériels de câblage?

2. **Les personnes:** acteurs ou collaborateurs qui se se sont succédés nombreux (plus de 150 personnes). Les traces de leur mémoire pourraient être collectées sous forme d'interview²⁰³. On dispose de photographies documentées et de documents ou dossiers qui peuvent être attribués au travail spécifique de telle ou telle personne. Un dossier administratif²⁰⁴ et social existe également sur chaque collaboration. Pour ceux qui ont publié sur leurs travaux ou sur d'autres domaines, une bibliographie peut être établie. Une notice biographique peut rassembler beaucoup de ces éléments.

3. **Analyses de projets et analyses informatiques fonctionnelles:** Elles existent dans deux lignes différentes, soit comme analyse synthétique des données et des conditions de faisabilité d'un projet, soit comme analyse des méthodes informatiques à utiliser. Beaucoup sont sous forme de manuscrits ou d'imprimés; il y a quelques fichiers électroniques (surtout depuis l'existence des 'traitements de texte' sur micro-ordinateurs). Ces dossiers font partie des Archives conservées.

4. **Les matériels** utilisés et en fonction desquels les analyses ont été créées: du travail initial sur les IBM-360 (et évolutions subséquentes) à la CGER (Caisse Générale d'Épargne et de Retraite à Bruxelles), il reste des bandes magnétiques (figuratives, car toutes les données ont migré vers des supports actualisés) et des machines à perforer – d'autres matériels de ce type ont été récupérés a posteriori et ont été conservés à titre muséal sans plus fonctionner. Différents exemplaires d'autres machines gardent mémoire de différentes étapes de travaux: on a conservé, presque toujours, toute la documentation qui permettait leur utilisation. Des photographies de matériels sur leurs sites d'utilisation existent également. Ce genre de matériels est souvent l'ossature principale d'un espace muséal. La question des modes de

²⁰³ Le projet de la Faculté d'Informatique des FUNDP à Namur tel que proposé par Marie Gevers, est un bon exemple dans ce sens (voir: M. d'Udekem-Gevers, *La Machine mathématique IRSIA-FNRS (1946-1962)*, Bruxelles, Académie royale de Belgique, 2011, pp. 169ss).

²⁰⁴ Notamment des statistiques sur la durée des différentes phases de travaux d'après les relevés de Time-Sheets de chaque collaborateur, et le Rapport journalier que chacun produisait.

préservation et de présentation est abondamment traitée par ailleurs au cours de cette conférence.

5. **Les programmes créés ou utilisés**, à condition qu'ils soient documentés. Ils sont conservés sous forme de listes imprimées (ou, pour les plus anciens, sur cartes perforées), et/ou sous forme de fichiers électroniques. Il s'agit ici de "sources" créées en vue d'une application électronique spécifique ou, selon le jargon du métier, 'propriétaire'. Mais il existe également une bibliothèque bien archivée d'applications logicielles extérieures utilisées (Mini, PC et autres), avec leur documentation. Outre un inventaire de ces différents produits logiciels, une description de l'usage qui en fut fait devrait compléter le dossier.

6. **Les journaux d'exécution** quand ils ont été minutieusement tenus sous forme manuscrite (cahiers d'exécution), ont été classés à part dans une première période, puis, ensuite, classés avec les différentes applications ou projets. Certains ensembles peuvent avoir été virtualisés sous forme de photographies numériques de l'ensemble d'un dossier, photographies accessibles dans l'Inventaire général des traces de mémoire.

7. **Les fichiers de données ou de programmes**: un inventaire électronique de tous les fichiers créés et conservés existe. Il s'agit souvent du dernier état d'un programme, du dernier état de l'élaboration des données pour une Base de données, du dernier état électronique avant une photocomposition typographique.

8. **Les données électroniques** de toutes les applications depuis le début des travaux. Certaines de ces données, indépendantes des programmes et machines qui les ont créées peuvent demander une nouvelle programmation pour être réellement utilisables. Ce qui suppose des migrations tant au niveau des supports qu'au niveau de certaines façons de représenter les données (ex: du code EBCDIC au code ASCII, des codages sur plusieurs caractères en ASCII, comme pour l'hébreu, vers des glyphes représentés par un code UNICODE, etc). Les données les plus récentes (10 dernières années) en format XML (un formatage de données fixé dans les années 1990ss), migrent déjà plus facilement, sous réserve de documentation valable sur les règles de codage.

9. **Les listes (listings)** états imprimés des données traitées et de beaucoup de programmes existent pour différentes étapes de certains travaux ou seulement pour l'état final. Ces listes sont conservées dans des caisses qui représentent un volume important. Si l'on ne peut 'tout' conserver, il ne semble pas suffisant de ne conserver qu'une ou deux pages de chaque 'sortie' d'imprimante; il semble intéressant de conserver une idée des 'masses' de listing que représentent les résultats de travaux importants pour les époques où l'on imprimait pratiquement tous les résultats. Pour les époques plus récentes, des échantillons de résultat sous forme imprimée se trouvent dans les dossiers d'exécution; mais les données complètes sont conservées sous forme de données électroniques.

10. **La documentation administrative et comptable** relative aux différents travaux est conservée dans des boîtes d'archives selon deux classements: a) des documents variés regroupés autour d'un projet; b) un répertoire chronologique de toutes les pièces produites depuis 1980 (CHRONO).

11. **Les institutions**: Il existe également des comptes-rendus des Conseils de Direction, Conseils d'Administration, Assemblées Générales des différents cadres sociaux (asbl, S.A., etc) dans lesquels se sont déroulés les travaux. Une virtualisation ou numérisation de ces dossiers est possible.

12. Une **documentation technique et scientifique** a servi de référence à tous ces travaux. On y trouve: des manuels d'utilisation de matériels et de logiciels, des livres de réflexion sur l'informatique et les disciplines connexes intéressants les travaux, de la documentation imprimée sur un ensemble d'applications spécifiques (littérature, linguistique, langues, langages de programmation, intelligence artificielle, archivistique, informatique

documentaire, bibliothéconomie, gestion de projets informatiques, etc). Cette bibliothèque, complétée par une bibliothèque de périodiques, est en bonne partie cataloguée sous forme électronique.

13. Il existe une collection **d'“éphémères”**: prospectus, descriptifs, articles, gadgets publicitaires, y compris une collection de “sacs publicitaires”; cela peut être inventorié et catalogué électroniquement.

14. Une série **d'imprimés (livres)** représente des résultats publiés de travaux. Une bibliographie historique peut en être constituée.

15. **Archives audio-visuelles**: photographies (pellicules et albums classés), bandes vidéos, films avec interviews ou autres de différents acteurs. Ce matériau peut être enregistré sous forme numérique.

16. Un **dossier de presse** rassemblant des coupures de journaux et revues a été tenu à jour. C'est un ensemble qui peut aussi être 'numérisé'.

17. Il peut exister, en outre, une série de productions qui représentent une **réflexion ou mémoire synthétique** des travaux réalisés ou, plus largement, une confrontation analytique ou académique avec les milieux qui développaient et appliquaient l'informatique dans des domaines connexes, parallèles ou concurrents, notamment: contributions à des colloques et conférences. Une bibliographie documentée peut reprendre l'information sur ces publications.

18. Il existe également des **publications techniques, scientifiques et synthétiques sur les applications**.

19. Dans le monde des données offertes en **télécommunication**, il existe des ensembles de données, structurées ou non sous forme de bases de données interactives.

20. Un **inventaire électronique** de l'ensemble des traces décrites ci-dessus peut exister ou être envisagé.

Annexe 2: Yolande Juste, *Méthodologie intellectuelle, matérielle et logicielle, Informatique & Patrimoines*, Séminaire organisé par la Maison de la Métallurgie et de l'Industrie de Liège et la Maison des Écritures, Informatique & Bible, Maredsous, 29 octobre 2009

Plusieurs institutions collectent et mettent à disposition à travers Internet des "archives" plus ou moins considérables. (jusqu'à 3 petaoctets pour archive.org) de textes, de sons, vidéos et même de logiciels. Ces "archives" semblent être plus de l'ordre du stockage accumulatif de données diverses en leur état au moment de leur entrée dans ces archives. Faut-il se contenter de ce type d'accumulations ou doit-on travailler à un autre mode de conservation à moyen et long terme dans le secteur des patrimoines informatiques?

– **QUI**: la préservation d'un patrimoine ne doit pas être réservée aux spécialistes de l'archivage mais devrait concerner chaque créateur de données, y compris le particulier à qui l'on impose par exemple les documents administratifs électroniques et qui est donc responsable de leur conservation à plus ou moins long terme suivant des règles légales.

– **QUE, QUOI**: étant donné la croissance exponentielle du nombre d'informations électroniques créées chaque jour par chacun, la première démarche

consiste à définir CE qu'il faut conserver, le type de données, et ceci à chaque niveau de création, du particulier, aux administrations en passant par les PME, PMI.

– **DONT**: quels états des données faut-il conserver? Si on tente, par facilité, de tout conserver, on atteindra vite des volumes de données non maîtrisables, même si les capacités de mémoire ne cessent d'augmenter avec des encombrements toujours moindres, mais avec des coûts de gestion importants.

– **OÙ** faut-il conserver ces données? faut-il se fier à des mémorisations décentralisées sur quelques gros serveurs détenus par des sociétés privées? Quelles obligations de conservation ont ces sociétés au-delà du minimum légal? Sait-on toujours où se trouvent ces données, dans quel pays? quel continent? Et quid en cas de défaillance ou de faillite d'un tel opérateur?

– **COMMENT** conserver ce qui doit l'être? Il faut distinguer plusieurs types de données:

- Pour les *données "imprimables"* (textes, photos) une norme d'archivage, PDF/A (ISO 19005) tente de s'imposer. Si l'idée de base est bonne: indépendance, autonomie..., elle impose certaines restrictions (non inclusion d'objet dynamique, interdiction du lancement de code script ou exécutable, inclusion de toutes les polices de caractères, UNICODE, interdiction de chiffrement et de sécurité...) et son application est questionnable. Si chacun connaît et produit des PDF, combien de ces fichiers sont-ils compatibles avec la norme PDF/A? Expérience faite, presque aucun document PDF n'est directement compatible PDF/A et certains PDF/A ne passent même pas le test de validation avec succès. De plus cette norme ne s'applique aujourd'hui qu'à des documents "imprimables", donc des textes et des images. Sont exclues les données conservées en "base de données" si elles ne sont pas exportées sous formes d'états imprimés, les sons, les vidéos....

L'archivage PDF/A est donc une démarche volontaire, complexe et coûteuse dans la mesure où les logiciels de validation proposés sont eux-mêmes coûteux. Olaf Drümmer affirme avec un optimisme certain, que cette norme s'imposera le jour où la masse critique sera atteinte, ce qu'il évalue à 2010!

- Les *données non imprimables*, ou non imprimées (fichiers de données, bases de données...), doivent être conservées dans un format indépendant de tout logiciel. Le format aujourd'hui reconnu est l'XML en UNICODE, accompagné de sa structure (DTD ou schémas) et de sa mise en forme (CSS...).

- Les *données interactives*? tels les sites WEB? aucune directive ne les concerne. Une initiative américaine *archive.org* archive TOUTES les versions de TOUS les sites web. Mais là encore, la démarche est questionnable de plusieurs points de vue, aussi bien des droits d'auteur (chacun a le droit d'exclure son site de cette procédure robotisée, par une démarche opt-out!) que de la pérennité (quelles obligations dans la durée?).

- Les *logiciels*: Là encore la nuance s'impose: Les logiciels propriétaires, ceux que l'on a créé et dont on possède les "sources" en langage clair, lisible et donc "imprimable" peuvent être conservés mais pas indépendamment de l'environnement sur lequel ils "tournaient". Les programmes ou logiciels que l'on a simplement

utilisés et dont on ne possède pas les sources pourraient être conservés avec leur environnement d'exécution.

La conservation de ces logiciels ne peut se concevoir qu'en lien avec le matériel sur lequel ils tournaient.

Au-delà de ces normes (PDF/A, XML...) il ne faut pas oublier la question des supports. Tout support électronique doit être vérifié périodiquement quant à sa fiabilité de lecture, le slogan "*avec P..... vous gravez pour l'éternité*" n'est que publicité mensongère. Seule la migration des supports garantit leur lisibilité future. Mais dans ce cas, seules les données sont conservées comme patrimoine. Les supports eux-mêmes ne peuvent être conservés QUE comme une trace matérielle de l'évolution de ces techniques, et dans ce cas, un seul spécimen suffit.

– **CEPENDANT**, l'idéal n'étant jamais atteint, la conservation, même non normalisée ni organisée, ne vaut-elle pas mieux que l'oubli? À charge aux historiens de faire revivre ces patrimoines!

– **NÉANMOINS**, chacun peut déjà apporter sa contribution à une meilleure conservation en appliquant des règles simples de nom de fichier, de copie de sécurité et en utilisant, au jour le jour, les outils les plus adaptés à une certaine indépendance et longévité (odt plutôt que doc, xml plutôt que mdb ou dba...).

– **TOUTEFOIS** la première question n'est-elle pas: "le monde virtuel qui nous envahit n'appellera-t-il pas une conservation virtuelle?". Ou encore: "comment adapter le principe de conservation au monde virtuel alors que la conception même de la conservation reste très matérielle?".

Ces réflexions constituent la modeste contribution d'informaticiens qui, depuis plus de 30 ans, sont passés des main-frames aux PC, des cartes perforées aux clés USB en passant par les disquettes de 8", 5" et 3", les bandes magnétiques, les disques optiques, les cd et les dvd.

Tout cela au prix de nombreuses migrations, mais sans aucune perte de données et en conservant toutes les données exploitables aujourd'hui, même si ce n'est pas dans leur environnement d'origine.

Quand Charles Cros fait des émules

Une expérience de valorisation des collections informatiques et vidéoludiques du département Audiovisuel de la BnF

Xavier Loyant

*Bibliothèque nationale de France
Quai François Mauriac, 75706 Paris Cedex 13
xavier.loyant@bnf.fr*

RÉSUMÉ. Le département Audiovisuel de la Bibliothèque nationale de France expose dans une réserve visitable une collection d'appareils de lecture et d'enregistrement des documents sonores, vidéos et multimédias. Pour sanctionner l'entrée de l'informatique et du jeu vidéo dans le champ culturel et pour témoigner avec plus de force de la diversité des collections qu'il possède, le département a entrepris d'y valoriser ses collections d'appareils informatiques et vidéoludiques jusqu'ici tenues à l'écart du parcours de visite.

La réflexion a dû se jouer de multiples contraintes liées à la configuration des lieux, à la diversité des technologies et des modèles et à la nature même de cette collection d'appareils, voulue comme un reflet des collections documentaires du département mais exposée comme un musée historique de l'enregistrement sonore.

ABSTRACT. The French National Library's Audiovisual Department hosts a collection of sound, video and multimedia playback and recording devices in a stack accessible on demand. As a way to take into account the rise of computing and video games in the cultural field and to show the variety of its collections, the department has decided to present a short display of computers and game consoles, a part of the collection that was not exhibited yet.

The project had to deal with many limits due to the small size of the stack, the variety of the technologies and the nature of the collection, considered as a reflection of the documentary collection but exhibited as a museum of sound history.

MOTS-CLÉS : informatique, ordinateur, jeu vidéo, console de jeu, musée, exposition, valorisation, multimédia, Charles Cros, bibliothèque, audiovisuel, appareil de lecture et d'enregistrement

KEYWORDS: computing, computer, video game, game console, museum, exhibition, valorisation, multimedia, Charles Cros, library, audiovisual, playback and recording device

1 Introduction

La collection Charles Cros du département Audiovisuel de la Bibliothèque nationale de France regroupe des appareils de lecture et d'enregistrement des médias audiovisuels collectés et conservés au sein du département : documents sonores,

documents vidéo, documents multimédias. Elle s'est constituée au fil des années de manière empirique et selon trois modes d'accroissement. Dès l'origine, les Archives de la parole ont pris l'habitude de conserver les appareils hors d'usage plutôt que de s'en débarrasser ; plus tard, la Phonothèque nationale a entrepris une politique d'achats patrimoniaux dans le but délibéré d'exposer en ses murs un musée du phonographe ; rapidement enfin, l'institution a réussi à susciter des dons. Aujourd'hui encore, la régie audiovisuelle continue de verser dans la collection Charles Cros les appareils qu'elle n'utilise plus, qu'ils soient devenus hors d'usage ou obsolètes ; le département poursuit une politique d'acquisitions onéreuses dans les domaines où la collection reste parcellaire ; les dons enfin sont devenus la voie d'accroissement la plus fertile.

Baptisée dans les années 1980 du nom du concepteur français du phonographe, la collection Charles Cros, longtemps remise après le déménagement du département Audiovisuel sur le site François Mitterrand, a finalement pu se déployer dans un magasin de 300m² en 2006. Ni musée, ni espace de stockage, le magasin a pu être aménagé en une réserve visitable qui accueille chaque année 100 à 120 visiteurs : agents de la BnF, groupes d'enseignants, d'étudiants, de chercheurs, spécialistes, collectionneurs.

Le parcours de visite tel que défini il y a six ans privilégiait les technologies d'enregistrement et de diffusion des documents sonores. Les technologies vidéo et surtout multimédias, sans être passées sous silence, souffraient d'une valorisation beaucoup plus restreinte et apparaissaient comme tout à fait secondaires puisqu'elles n'étaient évoquées qu'à travers une quinzaine d'appareils. On peut comprendre ce déséquilibre manifeste lorsqu'on mesure la séduction que produit un phonographe ancien sur chacun d'entre-nous, mais l'absence de matériel micro-informatique ou vidéoludique dans le parcours de visite initial s'explique encore de façon plus pragmatique. En 2006 en effet, la collection Charles Cros possédait extrêmement peu d'appareils liés aux technologies de l'informatique et du multimédia et il était donc impossible de valoriser un patrimoine que nous ne possédions pas. La volonté délibérée du département de nourrir un effort pour compenser cette lacune traduit la légitimité culturelle acquise par les documents électroniques depuis leur soumission au dépôt légal en 1992. Cette volonté a permis de développer le patrimoine informatique et vidéoludique de la collection Charles Cros et il était temps, six ans après l'inauguration de la réserve visitable, de lui faire une place dans nos espaces d'exposition.

2 Une collection façonnée par l'histoire du département

Mais pour comprendre comment un tel ensemble continue de se développer dans les collections de la bibliothèque nationale de France, il convient de remonter le fil d'une histoire qui commence en 1911, lorsque le linguiste Ferdinand Brunot fonde les Archives de la parole, au sein de la Sorbonne et avec le concours technique des frères Pathé. L'institution nouvelle se lance dans la collecte de témoignages oraux : voix des grandes personnalités de l'époque, captation de patois et dialectes locaux,

musiques traditionnelles, en France d'abord, bientôt dans le monde entier. Lorsqu'en 1938 est promulgué le décret d'application de la loi organisant le dépôt légal des phonogrammes, la Phonothèque nationale, créée pour accomplir cette mission, est installée dans les locaux des Archives de la parole, devenues entre temps un Musée de la parole et du geste. Dès lors, destins de l'entreprise privée initiale et de l'institution publique nouvelle se trouvent liés jusqu'à ne plus faire qu'un.

Le développement de l'industrie du disque avait poussé le législateur à étendre le dépôt légal aux documents sonores. On observe le même processus de légitimation culturelle devant les développements de l'édition vidéo et multimédia, nouveaux médias auxquels le dépôt légal est étendu au milieu des années 1970. Leur collecte est confiée à la Phonothèque nationale qui devient en 1977 un *Département de la Phonothèque nationale et de l'Audiovisuel* au sein de la Bibliothèque nationale. On ne doit pas se tromper sur ce que l'on entend par document multimédia en 1977 : point de CD-ROM interactifs alors, mais bien, au sens premier du terme, des documents composés de plusieurs médias. Il s'agit alors principalement de documents pédagogiques, manuels scolaire ou méthodes de langues regroupant des fascicules, des disques et des cassettes. En 1992, le département reçoit encore la charge de la collecte du dépôt légal des documents électroniques : bases de données, logiciels, jeux vidéo... Quand la Bibliothèque nationale de France ouvre ses portes sur le site François Mitterrand, le souvenir de la Phonothèque nationale est abandonné au profit de la seule dénomination de *Département de l'Audiovisuel*, dont la mission première est la collecte, la conservation et la diffusion du dépôt légal des phonogrammes, des vidéogrammes, des documents multimédias et des documents électroniques.

Dès l'origine, donc, les Archives de la parole ont dû se doter d'appareils de lecture et d'enregistrement qui n'étaient autre que leurs outils de travail : travail de collecte, travail de diffusion. C'est le noyau de la collection Charles Cros, noyau qui s'est développé au gré des évolutions techniques et de l'extension du dépôt légal. Petit à petit s'est ainsi constituée une collection témoignant de l'évolution des techniques d'enregistrement et de lecture, les appareils étant remplacés régulièrement en fonction de leur état de fonctionnement ou de leur obsolescence, une technologie en chassant une autre. Longtemps constituée de phonographes et autres appareils relevant des techniques d'enregistrement sonore, la collection s'est diversifiée en même temps que le champ du dépôt légal, et la collecte de documents vidéo, multimédias puis électroniques s'est accompagnée de l'acquisition des appareils nécessaires à leur diffusion auprès du public. Ces appareils sont versés à l'inventaire de la collection Charles Cros une fois devenus obsolètes ou inutilisables. Parallèlement, la Phonothèque nationale avait entrepris dans les années 1950 une politique d'acquisition patrimoniale d'appareils de lecture dans le but de constituer un musée historique du phonographe qui possédait en 1967 plus de 300 appareils²⁰⁵. Aujourd'hui, le département de l'Audiovisuel poursuit cette politique d'acquisitions onéreuses dans les domaines de la collection qui apparaissent comme lacunaires.

²⁰⁵ Décollogne, Roger, « La phonothèque nationale », *BBF*, 1967, n° 2, p. 35-60. [en ligne] <<http://bbf.enssib.fr/>> Consulté le 12 septembre 2012

C'est le cas précisément des collections d'appareils micro-informatiques et vidéoludiques, qui font par ailleurs l'objet de dons de plus en plus nombreux.

La politique de développement de la collection veut qu'idéalement, chaque support présent dans nos collections documentaires soit accompagné de son versant matériel, de l'appareil de lecture qui lui correspond au sein de la collection Charles Cros. C'est ce qui explique notamment qu'on privilégie aujourd'hui, au regard de la nature de nos collections documentaires, l'acquisition d'appareils de salon, utilisés dans le cadre du cercle de famille, plutôt que du matériel professionnel. L'objectif n'est donc pas de retracer une histoire exhaustive des techniques de lecture et d'enregistrement, l'objectif n'est pas de constituer un musée des techniques, mais bien de témoigner du dispositif nécessaire à la consultation des documents que nous diffusons dans nos salles de lecture, alors même que nos lecteurs n'ont pas un accès direct aux documents. En effet, les documents audiovisuels sont diffusés en régie via un réseau, et les lecteurs ne voient qu'un écran d'ordinateur, quel que soit le document qu'ils ont demandé. Il est ainsi mal aisé de mesurer les conditions originelles de consultation et de comprendre les dispositifs nécessaires à la mise à disposition du document. C'est la trace de ces dispositifs que la collection Charles Cros, riche aujourd'hui de plus de 1300 objets, entend conserver, tout en permettant de retracer une histoire qui est autant culturelle que technique. Il fallait donc concilier les exigences d'une nécessaire politique de développement de la collection, qui doit faire des choix et rester cohérente, avec la volonté d'écrire une histoire des techniques et des pratiques liées aux documents conservés dans le département.

3 Les étapes du réaménagement

Posé ce cadre, le projet de valorisation des matériels informatiques et vidéoludiques présents dans nos collections trouvait ses limites. Il n'était pas question de proposer une histoire linéaire des technologies électroniques, et encore moins une histoire qui fût complète. Il n'était pas non plus question de chercher à valoriser des appareils rares ou spectaculaires, ni d'exposer des ordinateurs ou consoles qui n'avaient pas été commercialisés en France. Il fallait au contraire chercher dans la collection Charles Cros les appareils les plus représentatifs d'une histoire française du marché de la micro-informatique et de la console de jeu, toujours en veillant à faire le lien entre ce qui allait être exposé et les documents accessibles en salle de lecture. Il fallait en quelque sorte rechercher les appareils les plus communs, sans s'interdire pour autant la mise en valeur de curiosités qui font le sel d'une visite guidée. Cette étape a été l'occasion de dresser un inventaire complet des ordinateurs et consoles de jeu de la collection Charles Cros et de les rassembler dans un même magasin alors qu'ils étaient jusque là dispersés dans différents espaces du département et pour nombre d'entre eux en attente de traitement. Nous avons ainsi réuni plus d'une centaine d'appareils relevant des domaines de la micro-informatique et du jeu vidéo parmi lesquels nous avons fait une sélection.

C'est alors que s'est posée la question du discours à tenir, du parcours de visite à proposer. Cette question était indissociable des contraintes matérielles auxquelles

nous étions confrontés. Nous n'avions en effet aucune possibilité d'extension des espaces d'exposition, ni aucune possibilité de réaménagement mobilier. La collection se déploie dans une vingtaine de vitrines pour les appareils de petite taille tandis que les plus volumineux sont exposés sur palettes. La seule option possible était donc de dégager de la place dans les vitrines existantes. Le choix s'est rapidement porté sur la libération de cinq vitrines. Cela permettait en effet de ne pas modifier outre mesure le parcours de visite précédent et de ne pas faire d'ombre à l'histoire de l'enregistrement sonore, tout en libérant suffisamment de place pour proposer un parcours intéressant et suffisamment consistant. Nous avons donc fusionné plusieurs vitrines consacrées à l'enregistrement sonore et mis en réserve les phonographes que nous ne pouvions garder dans le parcours de visite. Il fallait à présent sélectionner les appareils qui allaient être exposés et surtout, définir la façon dont nous allions les présenter.

Il est apparu rapidement qu'il convenait de distinguer ordinateurs et consoles de jeu. Au sein de ces deux grands ensembles, une présentation chronologique aurait permis de suivre l'évolution technologique tout en confrontant directement des modèles concurrents mis en parallèle. Mais cette vision s'est avérée peu pertinente d'un point de vue pratique, aussi la scénographie proposée mêle-t-elle concurrence des marques et grandes thématiques. Pour les consoles de jeu, nous avons envisagé de consacrer une vitrine aux consoles portables et une autre aux consoles de salon. Visuellement, le résultat n'était pas séduisant et nous avons finalement choisi de présenter dans une vitrine les deux grands géants et concurrents directs de l'industrie du jeu vidéo que sont Nintendo et Sony, toutes consoles confondues, et dans la deuxième vitrine consacrées aux consoles de jeu, de présenter un panorama de consoles plus anciennes, de marques différentes mais non moins emblématiques de l'histoire du jeu vidéo comme Atari, Amiga ou Sega.

Nous avons procédé dans le même esprit pour installer les deux vitrines consacrées au matériel informatique. Suite à de récents dons, nous pouvions en effet consacrer une vitrine entière à Apple en montrant le talent de la marque à la pomme pour le packaging, dont on sait qu'il est une des clefs de sa réussite : plastique translucide et coloré de l'iMac, véritables écrans pour présenter les périphériques. La seconde vitrine dresse un panorama plus hétéroclite des autres fabricants et cherche à montrer la diversité des modèles commercialisés.

La cinquième vitrine, enfin, a été conçue comme un trait d'union entre anciennes et nouvelles technologies. Cent ans d'histoire sont en effet racontés dans cette vitrine qui propose d'établir une continuité entre les premiers phonographes-jouets et les jeux multimédia les plus récents, entre une poupée parlante en porcelaine de la fin du XIX^e siècle et un lapin en plastique parlant par connexion wifi.

4 Conclusion

Malgré la dimension extrêmement modeste du projet au regard de ce que pourra être un Musée de l'informatique, cette expérience de valorisation a surtout été l'occasion de dresser un état de notre collection d'ordinateurs et consoles de jeu. De

nombreux appareils en attente de traitement ont été portés à l'inventaire et ont rejoint le reste de la collection ; nous avons pu ainsi acquérir une meilleure connaissance de cette partie de nos fonds et les objets exposés dans les vitrines ont tous reçu une fiche descriptive. Ainsi le réaménagement de la collection Charles Cros se veut plus comme une première pierre que comme un aboutissement. Aujourd'hui, de nouvelles perspectives s'offrent à nous. D'abord en termes de politique de développement, tant la réflexion menée autour du projet de réaménagement a soulevé de questions sur ce que devait, ou tout au moins pouvait être une collection d'appareils de lecture et d'enregistrement au sein d'une bibliothèque. Ensuite en termes de valorisation, car le projet même de réserve visitable a changé de nature : le parcours jusque là proposé à travers l'histoire des techniques d'enregistrement et de diffusion sonores est devenu un parcours en creux à travers l'histoire des collections du département. On peut donc inclure les nouvelles vitrines dans un parcours plus global retraçant l'histoire du département, ou au contraire proposer des visites spécialisées à un public beaucoup plus ciblé. Car ainsi réaménagée, la collection Charles Cros n'est plus tout à fait un musée de l'histoire du son et tend un peu plus à devenir un miroir, une image inversée des collections documentaires du Département de l'Audiovisuel. La prochaine étape consistera donc à porter notre effort de valorisation vers le matériel vidéo présent dans la collection Charles Cros. Alors la collection d'appareils sera véritablement représentative des collections conservées dans le département. Ce projet de valorisation, qui semblait de prime abord relativement circonscrit et aisément définissable, a ainsi renouvelé l'approche que nous avions de la collection Charles Cros en lui donnant, peut-être, plus de cohérence et plus de légitimité au sein de la Bibliothèque nationale de France.

Le patrimoine intellectuel de l'informatique s'est incarné dans les livres

Marie-Hélène Comte, Anita Guiteau, Thierry Viéville

Inria,
Sophia Antipolis, BP93 06902 Sophia
(prenom.nom@inria.fr)

RÉSUMÉ. La science informatique s'est incarnée dans les machines et dans les logiciels, mais son patrimoine intellectuel, lui, s'est incarné avant tout dans les ouvrages, voici très simplement le lien entre ce fait et l'initiative collégiale pour un Musée de l'Informatique et de la société Numérique en France (MINF).

ABSTRACT. Computer science is embodied in machinery and software, but its intellectual heritage, became incarnated primarily in books. Here is very simply the link between this fact et the collective initiative for a Museum of Computer Science and the digital society in France (MINF).

MOTS-CLÉS : bibliothèque ; science informatique ; connaissances ; patrimoine.

KEYWORDS: library ; computer science ; knowledge ; heritage



L'informatique s'est incarnée dans les machines et dans les logiciels, mais son patrimoine intellectuel, lui, s'est incarné avant tout dans les ouvrages (livres, actes de conférences, ..). A l'heure où la numérisation des documents conduit parfois les gens à des positionnements maladroits face à ces trésors de papier (vision irréfléchie d'un "tout numérique"), il semble que nous pourrions créer un lien entre ce futur musée et ce que nous aimons encore appeler des bibliothèques.

Les grands «labos d'informatique» que l'on retrouve désormais regroupés dans l'[INS2I](#) possèdent en plus des services [d'Information Scientifique et Technique Inria](#), des centres de documentation (par exemple au [LAAS](#), [LABRI](#), [LIRM](#), [IRIT](#), ..) qui complètent les grandes bibliothèques universitaires (par exemple celle de [Jussieu](#)) pour former les noeuds naturels de ce réseau.

Une première idée serait que le musée offre une cartographie des lieux où l'on accède à ces patrimoines, faire savoir très concrètement que en région (dont l'Ile de France) il y a à proximité des espaces muséaux et des espaces documentaires, le plus souvent ouverts, parfois en pleine mutation vers des formes nouvelles de type learning-center ou autre living-labs, qui ouvrirait des connections fortes avec notre initiatives.

C'est une cartographie qui, pour les bibliothèques, intervient à un moment où elles sont amenées à connaître de grandes transformations, ce qui rend cet inventaire encore plus important, avec la nécessité de faire émerger un [CADIST](#) en informatique. Même si l'INRIA a joué de fait ce rôle de centre d'acquisition et de diffusion de l'information scientifique et technique pour la discipline, lui faire prendre une dimension partenariale est un vrai enjeu.

Ces espaces d'accueils sont aussi, de fait, un foyer d'animation pour le grand public et les curieux des sciences du domaine en nombre très rapidement croissant, et en premier lieu les élèves et étudiants de l'Université et des grandes écoles. Y rendre visible la version numérique du musée et d'autres connexions vers ce musée ubiquitaire en projet est évidemment naturel et un positionnement gagnant-gagnant.

Au delà on propose un travail d'identification des "très grands ouvrages" qui ont marqué l'informatique, etc. qui seraient mis en lumière au sein du musée. Très simplement, nous solliciterons les chercheurs et ingénieurs par domaine pour leur demander quel livre scientifique les ont marqué quand ils étaient jeunes chercheurs/jeunes étudiants, ou correspond à ce qu'ils proposent comme livre "de chevet".

La place de cette action est évidemment "satellite" par rapport au projet de Musée de l'Informatique et de la société Numérique en France (MINF), mais à défaut d'être un pilier, elle en est un précieux et indispensable arc-boutant..

Biographie

Marie-Hélène Comte et Anita Guiteau sont ingénieures documentalistes dans le service d'Information Scientifique et Technique Inria.

Thierry Viéville est [chercheur en neurosciences-computationnelles](#) et chargé de [mission pour la médiation scientifique](#).



Une conservation dynamique des œuvres numériques ?

Antoine Moreau

Laboratoire ELLIADD, EA 4661, Université de Franche-Comté
UFR STGI - Département Multimédia et Informatique
4 place Tharradin BP 71427 25211 Montbéliard Cedex
antoine.moreau@univ-fcomte.fr

RÉSUMÉ. En tenant compte de la réalité du matériau numérique et de son transport réticulaire nous nous interrogerons sur la fonction de l'art comme technique de mise en forme et sur celle du musée comme conservation et monstration des œuvres. En observant les principes de créations ouvertes issus des logiciels libres et de l'art libre nous envisagerons alors le musée de l'informatique et de la société numérique comme une plateforme ouverte de « conservation dynamique » des œuvres. Puis, traversant cette hypothèse, nous réaliserons alors que les œuvres numériques ne sont pas tant des objets que des passages empruntés par des usagers et qu'elles modifient profondément la vocation du musée. À la passion de l'esthétique qui ordonne l'excellence d'un choix d'objets se substitue la fonction d'un art de l'immatériel qui ouvre à la décréation : il fait passer le créé dans l'incrée ouvert à l'usage commun.

ABSTRACT. By the reality of the digital material and reticular transport we will examine the function of art as a technique and the museum as conservation and monstration of works. Observing the principles of open creations started with the free softwares and the free art, we will consider the museum of data processing and digital society as an open platform of "dynamic conservation". Then, through this hypothesis, we will see that digital works are not so much objects than passages borrowed by users and that they profoundly alter the purpose of the museum. At the passion of aesthetic, which order a selection of items, replaces the function of the intangible art which opens "decreation": it switches the created into the uncreated open to the common use.

MOTS-CLÉS : art numérique, internet, logiciel libre, copyleft, valeur d'usage, formats ouverts, raison pratique, hacker, ars/technè, henri bergson, marcel duchamp, michel de certeau.

KEYWORDS: digital art, internet, free software, copyleft, usage value, open formats, practical reason, hacker, ars / techne, henri bergson, marcel duchamp, michel de certeau.

Une idéologie de propriétaires isole l'«auteur», le « créateur » ou l'« œuvre ». En réalité la création est une prolifération disséminée. Elle pullule. Une fête multiforme s'infiltré partout, fête aussi bien dans les rues et les maisons, pour tous ceux que n'aveugle pas le modèle aristocratique et muséographique de la production durable. Ce modèle a pour origine un deuil et pour effet un leurre : l'apologie du « non-périssable » tient pour valeurs les morts plutôt que les vivants, les matériaux résistants plutôt que les autres, et les milieux assez nantis pour assurer la conservation de leurs reliques. Mais c'est tout l'inverse. La création est périssable. Elle passe, car elle est acte²⁰⁶.

1. Introduction

Croyant former, nous sommes formés. Nos œuvres, numériquement constituées, nous forment d'autant mieux qu'elles n'existent pas comme formes, mais comme mouvements. Mouvantes par la copie à l'infini, la modification à l'envi et le transport réticulaire à la vitesse de l'électricité, elle sont la démonstration qu'

[...] il n'y a pas de forme, puisque la forme est de l'immobile et que la réalité est en mouvement. Ce qui est réel, c'est le changement continu de forme : la forme n'est qu'un instantané pris sur une transition²⁰⁷.

Aussi, l'« aforme » est-elle la réalité formelle des œuvres numériques.

Nous allons, dans un premier temps prendre en compte cette réalité de l'aforme numérique, de façon à poser le problème de la maintenance des œuvres (logiciels et créations artistiques). Nous tenterons ensuite de trouver solution en rapport avec ce que nous aurons observé pour, au final, nous poser la question de la pertinence d'un musée de l'informatique et de la société numérique. Non seulement pour la France, selon l'intitulé du colloque, mais pour le monde en son entier. Le minitel, propre à l'hexagone, a vécu et l'internet en son aforme a fait de nous des apatrides numériques. Car il n'y a pas de territoire numérique mais des lieux reliés entre eux par un mouvement imprenable. C'est la raison pour laquelle nous ne traiterons pas, même si elles sont intéressantes, des expériences menées au sein du musée traditionnel à l'aide des technologies numériques²⁰⁸. Ce qui va nous intéresser ici, c'est le réel de ce qui est à l'œuvre avec le numérique : l'usage qui peut être fait de l'aforme de l'art.

²⁰⁶M. DE CERTEAU, *La culture au pluriel*, conclusion « Des espaces et des pratiques », Le Seuil 1993 pp. 213 - 214

²⁰⁷H. BERGSON, *L'évolution créatrice*, PUF, Paris, 1941, 2006, p. 302.

²⁰⁸Par exemple aux Arts Décoratifs, Paris, les 11, 12 et 13 novembre 2011 <http://www.museomix.com/zones-de-museomixage> (page visitée le 05/07/12).

2. Réalité matérielle du numérique

La fabrication numérique nous surprend. Alors que nous étions habitués à créer des objets tangibles, nous nous trouvons maintenant en présence d'objets qui prennent la tangente. Sitôt faits, ils nous échappent. Par la copie à l'identique qui peut en être faite, par la faculté de pouvoir être modifiés et enfin, par leur obsolescence au fur et à mesure des évolutions techniques.

Saisissons ce paradoxe : d'une part, nous avons la multiplication à l'infini d'une œuvre qui va renforcer ainsi son existence par l'élimination de sa rareté et de l'autre, nous voyons sa fin accélérée par le renouvellement incessant des techniques. Ce sont ces deux états contradictoires qui posent le problème de la conservation des objets immatériels. Car, si le numérique permet la copie sans perte des œuvres, celles-ci doivent être constamment mises à jour pour s'adapter aux nouvelles conditions de leur existence et ainsi pouvoir perdurer dans le temps.

La peinture se craquelait, la sanguine s'effaçait, le marbre se fissurait... Qu'en est-il des œuvres numériques ? Les œuvres numériques passent. Comment alors, conserver la trace d'un passage, en retenir la forme au sein d'un musée ?

3. Le temps des œuvres numériques, formats et standards ouverts.

Les créations numériques n'existent et ne demeurent qu'avec un travail de maintenance constant. Avoir accès au code-source²⁰⁹ d'un logiciel et respecter les formats ouverts²¹⁰ est alors une garantie de pérennité pour les créations. Mais si la notion de code-source est pertinente pour une œuvre logicielle, elle l'est beaucoup moins pour une œuvre numérique non logicielle. Nous contournerons ce problème en acceptant l'idée qu'il n'y a pas à proprement parler de « code-source » pour une œuvre d'art, cette notion est propre aux logiciels²¹¹, mais une « source d'inspiration ». Cette source est sans commencement ni fin, elle est immatérielle et impropre à la maîtrise définitive. Ce que l'UNESCO a pu reconnaître comme « patrimoine culturel immatériel »²¹² est cette forme de la culture et qui est « traditionnel, contemporain et

²⁰⁹« Le code source est un texte qui représente les instructions qui doivent être exécutées par un microprocesseur. Le code source est généralement écrit dans un langage de programmation permettant ainsi une meilleure compréhension par des humains. » https://fr.wikipedia.org/wiki/Code_source (page visitée le 18/07/2012)

²¹⁰« On entend par standard ouvert tout protocole de communication, d'interconnexion ou d'échange et tout format de données interopérable et dont les spécifications techniques sont publiques et sans restriction d'accès ni de mise en œuvre. » Journal Officiel n° 143 du 22 juin 2004 ; loi n° 2004-575 du 21 juin 2004 pour la confiance dans l'économie numérique (référence NOR: ECOX0200175L) <http://formats-ouverts.org/post/2004/07/01/12-un-article-de-loi-definit-ce-que-sont-les-formats-ouverts> (page visitée le 05/07/12).

²¹¹En mettant les œuvres sous des formats ouverts, qui offrent la possibilité d'accéder au code-source, on se conforme toutefois à cette notion, mais de façon partielle également.

²¹²On entend par « patrimoine culturel immatériel », « les traditions ou les expressions vivantes héritées de nos ancêtres et transmises à nos descendants, comme les traditions orales, les arts du spectacle, les pratiques sociales, rituels et événements festifs, les connaissances et pratiques concernant la nature et l'univers ou les connaissances et le savoir-faire nécessaires à

vivant à la fois ; inclusif ; représentatif et fondé sur les communautés »²¹³. Les formes qui sont issues de cet immatériel culturel ne sont pas des fins en soit mais des moyens de transmission de ce qui fait culture et qui s'écoule au fil du temps et des pratiques communes, sans « arrêt sur image ».

Notre immatériel contemporain, c'est le numérique. La culture qui se construit via l'écriture binaire des machines est proche des cultures orales. Ce qui existe, ce qui se passe, c'est le passage. Avec nos a-formes numériques, nous pourrions dire avec Montaigne : nous ne peignons pas l'être, mais le passage²¹⁴.

Dans ces conditions, la vitalité d'un musée du numérique supposera l'application de principes de conservation qui sont en phase avec l'économie de la création immatérielle : une économie de passages. Ces principes, nous les trouvons dans la création des logiciels au code-source ouvert qui garantissent la possible évolution d'une œuvre par tout un chacun. Principes d'égalité entre auteurs qui accompagnent la puissance d'une création qui « coule de source ». Y compris les « consommateurs de l'œuvre », ses usagers, car les consommateurs sont « l'autre de l'auteur ». Ils sont actifs et participants, de fait, à l'existence de l'œuvre. Si l'on prend l'exemple de la lecture :

*[...] lire, c'est pérégriner dans un système imposé (celui du texte, analogue à l'ordre bâti d'une ville ou d'un supermarché). [...] [Le lecteur] ne prend ni la place de l'auteur ni une place d'auteur. Il invente dans les textes autre chose que ce qui était leur « intention »*²¹⁵.

Lire, écrire, le numérique est entièrement fait d'écritures et de lectures. Les 0 et les 1 qui constituent le matériau mais aussi les écritures des machines en réseau qui écrivent, au fil des sollicitations des usagers, notre histoire via celle de l'internet. Des chiffres, des nombres, des écritures qui font, non seulement des textes lisibles, mais aussi des images visibles, fixes ou animées, des sons audibles, des programmes informatiques et des réalisations inter-actives, toutes sortes d'œuvres multi-médias. Les auteurs et les « para-auteurs » que sont les consommateurs, se mêlent, sans toutefois se confondre, et révèlent la double qualité de ce qui fait auteur : sa légitime autorité (*auctor*) et sa capacité à augmenter le patrimoine commun (*augere*)²¹⁶. Ce maillage entre autorité singulière et augmentation commune, fait également de l'auteur, l'« autre du consommateur ». Les productions, œuvres, para-œuvres, créations, re-crétions, n'existent que par cette relation créante entre un auteur et son autre. Aujourd'hui, non seulement nous sommes devenus, d'une façon ou d'une autre,

l'artisanat traditionnel. » UNESCO, « Qu'est-ce que le patrimoine culturel immatériel ? » <http://www.unesco.org/culture/ich/index.php?lg=fr&pg=00002> (page visitée le 18/07/2012).

²¹³ *Idem*.

²¹⁴ Pour paraphraser Montaigne. « *Je ne peinds pas l'estre, je peinds le passage : non un passage d'age en autre, ou comme dict le peuple, de sept en sept ans, mais de jour en jour, de minute en minute.* », MONTAIGNE, *Oeuvres Complètes, Essais, Livre III, chap. II*, Gallimard, Pléiade, 1962, p. 782.

²¹⁵ M. DE CERTEAU, *op. cit.* p. 245.

²¹⁶ A. COMPAGNON, *Théorie de la littérature*, « Qu'est-ce qu'un auteur ? » <http://www.fabula.org/compagnon/auteur.php> (page visitée le 20/07/12).

via cet « autre de l'auteur », tous auteurs, tous artistes, c'est un fait culturel accompli²¹⁷, mais les machines écrivantes nous font écrivains, sans projet d'écritures. En réseau, elles écrivent notre histoire et nous font faire des formes en nombres infinis.

N'évoquons pas la qualité des œuvres. Nous les considérons non soumises, à priori, au jugement critique de goût. Émancipée de cette esthétique qui a, selon Hegel²¹⁸, sonné le glas de l'art, l'œuvre numérique est ce passage pratiqué par un auteur et qu'un public va emprunter, plutôt qu'un objet formé comme peut l'être une borne. Qu'en est-il alors de l'espace muséal lorsque l'œuvre est un passage ? Comment articuler écriin pour objets d'art avec passage d'immatière ?

4. Format du musée.

Si le musée est

*une institution permanente sans but lucratif au service de la société et de son développement ouverte au public, qui acquiert, conserve, étudie, expose et transmet le patrimoine matériel et immatériel de l'humanité et de son environnement à des fins d'études, d'éducation et de délectation*²¹⁹

alors, il faut bien reconnaître que le numérique amplifie, de façon paradoxale, la mission du musée. En effet, la proximité spatio-temporelle des œuvres offertes au public via l'internet (ou de façon plus large par la contamination du numérique dans la culture contemporaine), commercialement ou gracieusement, étend considérablement son domaine d'action. Tout devient culturel et culturellement digne d'être conservé. Ce ne sont plus seulement les traces du passé mais également celles du présent et même celles d'un avenir projeté qui concernées par le musée postmoderne. Le musée muséifie tous les temps, tout le temps et partout. La culture contemporaine s'exécute sur le mode impératif. Il s'agit de gérer le temps commun ordinaire et d'ordonner les conduites dans le cadre de ce musée total qu'est devenu le monde globalisé. Dévorant l'espace et gérant l'emploi du temps, la passion conservatrice est alors omniprésente. Les plus grands musées à vocation patrimoniale s'empressent d'être à la page en convoquant l'art contemporain et les technologies nouvelles. L'injonction à inter-agir, loin d'estimer le public en sa capacité d'acteur, le suppose à priori passif. Il est question de conduire sa perception des œuvres en orientant, non seulement son regard et sa pensée, mais son corps en entier. Publics activés, captivés, captifs d'une culture surplombante qui se construit sur le principe de la conquête. Inaptes à prendre soin de la réalité mouvante, sinon bouleversante, des œuvres numériques, les conservateurs des musées répètent, voire

²¹⁷ J. BEUYS, « J'explore un caractère de champ », catalogue d'exposition *Art into Society into Art*, Londres, Institute of Contemporary Arts, 1974, p. 48, trad. Martine Passelaigue, cité par C. HARRISON et P. WOOD, *Art en Théorie 1900-1990*, Hazan 1997, p. 985.

²¹⁸ Voir plus loin.

²¹⁹ Définition du musée « selon les statuts de l'ICOM, adoptés lors de la 21e Conférence générale à Vienne (Autriche) en 2007 », *International Council of Museums*, <http://icom.museum/la-vision/definition-du-musee/L/2/> (page visitée le 04/07/12).

amplifient, la passion fétichiste, l'arrêt sur image et *in fine* la vénération des marques de domination culturelle. Il n'est pas certain que l'art, dans ces conditions, puisse s'y retrouver.

C'est cette même culture savante et conservatrice qui dénie tout autant à l'art et aux artistes qui le portent son existence factuelle. Car l'art est un fait « déjà-là », présent bien avant d'avoir été cultivé et reconnu par le jugement esthétique. De la même façon, le spectateur, loin d'être passif et inculte est, de fait, actif et cultivant, sinon déjà cultivé. Autrement dit : l'action du spectateur est à l'art ce que le ready-made est à la culture : un « déjà-là », un « déjà-fait » sans volonté esthétisante. Le spectateur joue le jeu de l'art au point de pouvoir se jouer du cadre culturel. Car,

*Si l'autorité du spectateur est le site généalogique de l'auteur, c'est bien parce que l'enjeu est l'action du spectateur, et cette action est jeu*²²⁰.

Nous ne jetons pas la pierre au musée. Il n'est pas question pour nous de discréditer sa vocation, mais bien plutôt de tenir à distance sa passion dévoratrice en ce qu'elle a de pathétique. Les œuvres elles-mêmes, touchées par le cadre englobant du musée, étendent également leur champ d'action via leur multiplication, leur banalisation et disons-le aussi, leur attrait multi-formes. Cette passion muséale qui veut comprendre les faits d'art, à la fois par la prise matérielle de l'objet et celle intellectuelle de la pensée, trouve néanmoins sa limite avec les œuvres numériques. En effet, à la différence de l'art, issu des pratiques populaires, qui a pu être détruit au fur et à mesure qu'une culture « éclairée » a gagné les esprits et imposé ses préférences, l'art numérique, offert à la pratique de tout un chacun, tient en respect cette volonté de conquête culturelle. L'appropriation exclusive de la part d'industries, d'États, ou d'individus qui voudraient avoir la maîtrise des œuvres et ainsi prendre le « pouvoir culturel » est rendu difficile, sinon impossible, avec le matériau numérique.

Prenons l'exemple de la chasse aux sorcières au siècle de Louis XIV, ces « bonnes femmes » avec leurs « remèdes »²²¹ qui faisaient concurrence à la médecine savante dont un Molière a pu montrer le peu de raison. Injonction était faite d'élever le « bas peuple » aux Lumières de la Science et d'éradiquer les pratiques jugées obscures.

*La répression terroriste - selon le mot d'Yves Bercé [...] menée à l'époque de Louis XIV [...] a diffusé partout la peur. Les procédures de domination sont maintenant si bien réalisées que les bûchers de sorcellerie deviennent inutiles pour accentuer encore cette même peur. En outre, les élites culturelles ont l'impression d'avoir vaincu, sinon toutes les superstitions, du moins les plus nombreuses d'entre elles*²²².

²²⁰M.J. MONDZAIN, *Homo spectator*, Bayard, Paris, 2007, p. 248.

²²¹Remède de bonne femme : « Remède populaire ordonné et administré par des personnes étrangères à l'art de guérir », https://fr.wiktionary.org/wiki/rem%C3%A8de_de_bonne_femme (page visitée le 05/07/12).

²²²R. MUCHEMBLE, *Culture populaire et culture des élites dans la France moderne (XV-XVIII ème siècles)*, Flammarion, Champs, 1993, p. 331.

Aujourd'hui, la chasse aux hackers²²³ a remplacé la chasse aux sorcières. Qualifiés de « pirates », ce sont bien plutôt des artistes de l'informatique qui jouent avec le numérique en observant ses codes de conduite et ses sources de richesses créatives. Ils retrouvent, en pratique et en théorie, l'effectivité de l'art quand celui-ci est tout à la fois *ars* et *techné*, art et technique, art et fabrication de formes, sans réflexion, ni finalité esthétique à priori mais dans l'action d'un réel qui s'offre librement au jeu et à l'invention. Ce réel procède d'une éthique qui observe la nature du matériau numérique. L'action du hacker ne transgresse pas les normes et les standards qui font le bien commun de l'internet et qui ont été mis en place, dès sa conception, par le W3C²²⁴ et les RFC²²⁵. La transgression est le fait de ceux que la passion du pouvoir domine et qui tentent d'avoir mainmise sur le mouvement de la création en n'observant pas le « code-source » de conduite du transport réticulaire et son matériau. Ce qui se joue avec le numérique et la culture hacker qui en résulte, c'est l'usage de l'art comme action, comme pratique, comme action pratique. Elle n'est pas programmatique, laissons cela aux programmes informatiques, elle est passage à l'acte de création. Ce qu'on pourrait exprimer par cette formule en trois temps : « to do ; to do it ; to Do It Yourself ». Mais, la réplique ne se fait pas attendre de la part de la culture savante : au DIY²²⁶, il est proposé, gratuitement des dispositifs d'existence numérique prêts à l'emploi, tout aussi captivants que captants et qui vont, comme a pu le faire la littérature de colportage à la fin du XVII^{ème}, démobiliser les pratiques populaires.

Une culture savante hégémonique refoulant la culture populaire trouve l'appui de campagnards qui rompent avec le passé de leur civilisation et veulent participer, petitement, aux miettes du grand festin que se prépare une minorité de privilégiés. La masse rurale, paupérisée, écrasée d'impôts, soumise et incapable de réagir, à la fin du XVII^{ème} siècle, dresse la table. Il lui reste à subir, forme ultime de l'aliénation, la diffusion d'une culture faite sur mesure pour elle. Non pas d'une culture savante, qu'elle ne saurait entièrement assimiler et apprécier, pensent avec mépris les élites sociales, mais d'une nouvelle « culture populaire » diffusée, entre autres, par la littérature « démobilisante » et « tranquillisante » que vendent à bas prix les colporteurs²²⁷.

²²³[...] « quelqu'un qui aime comprendre le fonctionnement d'un mécanisme, afin de pouvoir le bidouiller pour le détourner de son fonctionnement originel » <http://fr.wikipedia.org/wiki/Hacker> Mais, « l'état d'esprit d'un hacker ne se limite pas à cette culture informatique. Il y a des personnes qui appliquent cette attitude à d'autres domaines tels que l'électronique ou la musique. En fait, il est possible de la consacrer à l'état le plus avancé de tout art ou science. Les hackers informatiques reconnaissent ces esprits apparentés et peuvent parfois les appeler des "hackers". Certains même estiment que cette démarche est totalement indépendante du support sur lequel le hacker travaille. » E. RAYMOND, « Comment Devenir un Hacker. », trad. E. MORNIER, <http://ocmartialarts.unixboxen.net/web/hacker.php#questce> (page visitée le 11/07/12).

²²⁴World Wide Web Consortium <http://www.w3.org>

²²⁵ Request For Comments à l'origine des protocoles de l'internet <https://www.rfc-editor.org>

²²⁶Do It Yourself.

²²⁷R. MUCHEMBLED, *op. cit.*, p. 339-340.

Aujourd'hui, une véritable offensive culturelle s'attaque aux pratiques d'émancipation en entravant la puissance créative du commun des mortels. De deux façons : avec de la gratuité et en élaborant des lois qui contreviennent à l'usage ordinaire d'un éco-système. Cette guerre culturelle, où les pratiques populaires sont confrontées à la stratégie des pouvoirs, se trouve au centre de notre interrogation concernant la pertinence d'un musée du numérique. En effet, aux faits d'art qui sont, matériellement, des ouvertures nous avons le musée qui achève l'usage qui peut être fait de l'art. Autrement dit, le musée est aux œuvres numériques ce que l'esthétique est à l'art : sa fin. Pourquoi ? Parce que le jugement critique de goût (l'esthétique, la science de l'art) a fait de l'art une

*chose du passé [...] qui a perdu pour nous sa vérité et sa vie [...] relégué dans notre représentation, loin d'affirmer sa nécessité effective et de s'assurer une place de choix, comme il le faisait jadis*²²⁸.

Mais est-ce là le dernier mot de l'histoire ? De l'histoire d'un art qui pourrait revenir, après le geste anti-esthétique de Duchamp, sur le devant de la scène culturelle car, le numérique, comme nous l'avons vu, est un « déjà-fait » de l'art, non esthétique à priori. La question qui se pose alors au musée du numérique est : comment contenir ces passages à l'action artistique que sont les œuvres numériques ? Comment tenir à distance la passion esthétisante de façon à ce qu'elle ne réifie pas l'art numérique en son effectivité ? Comment faire pour que les œuvres demeurent ouvertes, selon les principes qui les constituent, au sein même de ce qui clôt le mouvement de la création ?

5. Une conservation dynamique des œuvres ?

Nous allons procéder par étapes. Si le souci de conserver les œuvres numériques est louable, voire nécessaire selon la fonction traditionnelle du musée, il y a alors obligation de prendre en compte leur mode d'existence. Nous dirons alors que le musée est aux œuvres ce que le zoo est aux animaux et notre choix se portera plutôt sur la forme « réserve naturelle » que sur celle de la cage. Le musée devra garantir la pérennité des œuvres, elles devront être praticables par les visiteurs et seront librement accessibles en ligne, pouvant être copiées, diffusées, modifiées, sans appropriation exclusive. Le musée sera une plateforme également formée par les formes qui passent à travers lui. Il ne sera pas figé, mais dynamique. Les œuvres seront conservées avec et par les visiteurs qui, « autres de l'auteur », sont également « autres du musée ». Les visiteurs sont des usagers de l'art, art comme *techné* et *techné* comme *ars*. Les œuvres ne sont plus fétiches ni intouchables, mais accessibles et praticables. Le musée du numérique sera alors une vaste forge²²⁹.

²²⁸HEGEL, *Esthétique*, textes choisis par Claude Khodoss, PUF, 2004, p. 23.

²²⁹« En informatique, une forge désigne un système de gestion de développement collaboratif de logiciel. » https://fr.wikipedia.org/wiki/Forge_%28informatique%29 et à l'exemple de

Car si les œuvres sont des passages et si elles sont considérées comme tels par l'institution muséale, alors leur conservation ne peut se réaliser qu'avec les qualités d'ouvertures qui leur sont consubstantielles. Mais ce n'est pas tout. Par ces mêmes qualités, elles modifient la fonction même du musée. Un rapport s'établit qui met en regard des « œuvres »²³⁰ et un enclos. Ce rapport est-il possible quand bien même seraient observées les qualités des œuvres numériques et appliqués les principes d'ouvertures qui font le dynamisme de leur conservation ? Est-il possible au musée, soucieux du soin à porter aux œuvres numériques, comme la réserve naturelle le fait pour la préservation des espèces animales menacées par l'humanité conquérante, de perdurer dans la forme « musée » ?

Nous pensons que non et c'est la deuxième étape de notre réflexion. La « conservation dynamique », qui était envisagée pour répondre au mieux à la réalité des œuvres d'art, a tous les aspects d'un oxymore. S'il y a dynamisme, la conservation est un leurre et s'il y a conservation, il n'y a peu de chance d'avoir un dynamisme. Un musée des œuvres numériques est possible, oui, une « réserve naturelle » peut se faire, oui, mais est-ce satisfaisant ? Est-ce cela le cadre convenable qui suppose la mise en captivité des œuvres pour les maintenir en activité ? Ne sommes-nous pas plutôt invités à reconsidérer le concept même du musée ? Non par utopie, encore moins par iconoclasme, mais par principe de réalité. Considérons et apprécions le musée conventionnel comme « cabinet de curiosités » et le musée du numérique comme « plateforme d'inventions ». Prolongeons l'idée de « réserve naturelle », qui elle-même a transformé et prolongé celle du zoo constitué de cages, non pour étendre le musée à tout ce qui peut le concerner mais pour reconnaître un « domaine d'existence des objets numériques »²³¹.

Du *Muséion* d'Alexandrie (280 av. J.-C.) au Musée de l'informatique et de la société numérique il y a une série d'évolutions qui invite à reconsidérer la forme et la fonction du musée. Le modèle que nous recevons en héritage, celui issu de la Renaissance, est celui d'une modernité reposant sur l'idée de conquêtes. Conquêtes intellectuelles des Lumières, conquêtes territoriales avec les colonies et leurs trésors de guerre (des œuvres d'art) et conquêtes des corps avec le management qui ordonne aujourd'hui la vie culturelle et sociale²³². Une force civilisatrice a gagné la matière, les corps et les esprits, le patrimoine est le témoin de cet élan. Il démontre de la superbe d'un peuple à travers l'ensemble des conquêtes matérialisées sous formes d'objets tangibles. Ce sont là conquêtes passées, quand le monde était encore divers. Avec la mondialisation, il n'y a plus d'autre monde. Nul territoire qui reste à découvrir, à conquérir, sauf peut-être dans l'espace. Notre monde est un « déjà-fait », un ready-made. C'est pourquoi la patrimonialisation du monde, liée aux territoires, ne s'accorde pas avec la numérisation d'un monde dénué de territoire. Il n'y a pas de

<http://sourceforge.net> ou de <https://github.com>

²³⁰Nous qualifions ainsi les œuvres tout autant ouvertes qu'ouvrante.

²³¹Par ce vocable nous faisons référence à l'ouvrage de G. SIMONDON, *Du mode d'existence des objets techniques*, Aubier, 1958, 1969, 1989.

²³²Nuits blanches, fêtes de la musique, fêtes des musées, journées du patrimoine, musées tentaculaires hors les murs, festivals en tous genres, autant d'animations culturelles qui muséifient le monde et la vie quotidienne.

patrimoine numérique, il n'y a pas de territoire immatériel, mais un suspens, une ancre aux capacités d'accueil infinies pour des œuvres passantes. Nous qualifierons de « matrimoine » cette matrice sans patrie, sans terre et qui s'étend partout, tout le temps. C'est un moule où se font, par les uns et les autres, ce qui va, en passant, se situer dans la tradition, dans la transmission, des arts de faire, des arts en train de se faire. Des arts « in progress » mais sans cette idée de progrès qui participe de la raison conquérante, une raison dont on sait qu'elle a commandé une certaine idée de l'Histoire²³³. Cette histoire majuscule est close, elle se ramifie en histoires multiples et qui font passages et les restes historiques de nos objets numériques, ordinaires ou qualifiés d'art, sont passants. Ils ne tiennent pas en place. Leur place n'est pas le musée.

*L'archive n'est plus affaire d'entreposage et de conservation d'objets distincts (fichiers, ouvrages, œuvres d'art, etc.) dans des lieux particuliers (bibliothèques, musées, etc.). De nos jours, l'archive est aussi un flot continu de données, sans géographie ni contenant, transmis sans interruption et, par conséquent, sans restriction temporelle (à savoir, toujours disponible, ici et maintenant)*²³⁴.

Bien que l'informatique en son « hardware » soit pesante et complexe, le numérique en sa fabrique immatérielle est lui, léger comme l'air. Les œuvres qui transitent via l'internet, sont dite « on-line », on pourrait les dire « on-air »²³⁵, et certaines se trouvent dans des nuages²³⁶. Les artistes, y compris les « artistes numériques », ont-ils pris la mesure du changement de nature de leurs œuvres « on-line /on-air » ? N'ont-ils pas conservé eux aussi la même attitude vis-à-vis de leurs productions immatérielles que celle vis-à-vis des productions matérielles ? Il faut en convenir, la très grande majorité d'entre eux peinent à épouser le mouvement gracieux que leurs œuvres réalisent. Ils s'appliquent à prendre la posture de l'Artiste créateur alors même qu'elle a été sérieusement travaillée par ceux des artistes qui, dès le début du XXe siècle, en ont perçu les limites et en ont redéfini les contours. C'est ainsi que, pour protéger leur art, certains vont jusqu'à entraver leurs propres œuvres avec des moyens techniques²³⁷.

Cette attitude conservatrice de l'Auteur numérique est encore plus sensible concernant le « net-art ». car il n'y pas plus de « net-art » qu'il n'y a de forme en réalité. Il n'y a pas là d'art selon les critères qui permettraient de le reconnaître comme « art » selon le jugement de goût classique. Nous avons vu que ces critères n'étaient plus pertinents pour comprendre la réalité de l'art à l'ère de l'internet. Si l'art

²³³ HEGEL, *La raison dans l'Histoire*, 10/18, Plon, 1965.

²³⁴G. BATCHEN, « The Art of Archiving », *Deep Storage: Collecting, Storing, and Archiving in Art*, Munich, Prestel, 1998, p. 46-49, cité et traduit par A. DEPOCAS, « Préservation numérique : la stratégie documentaire » <http://www.fondation-langlois.org/html/f/page.php?NumPage=152> (page visitée le 07/07/2012).

²³⁵Expression pour dire qu'une émission, de radio généralement, est en cours d'enregistrement.

²³⁶Le dit « cloud computing » https://fr.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing (page visitée le 10/09/12).

²³⁷Les DRM (Digital Rights Management).

demeure, ce n'est pas comme « net-art » mais comme « art du net »²³⁸. Il se réalise en observant la réalité matérielle du numérique, c'est l'art de se conduire dans le réseau des réseaux et d'inventer ce qui relève de sa puissance de création. Il n'empêche que

*le net art intéresse particulièrement les institutions archivistiques, et ce pour deux raisons. La première est que de telles institutions, dans une tradition humaniste, portent particulièrement attention aux arts, aux sciences, à l'éducation... D'autre part, la complexité technologique du net art en fait un laboratoire pour tester et développer les outils d'archivage automatique*²³⁹.

Avec le dit « net-art », nous avons affaire, la plupart du temps, à des objets tout entiers tendus à la reconnaissance de l'auteur comme Artiste dans la lignée des Grands Artistes de l'Histoire de l'Art²⁴⁰. Mais cette histoire est close²⁴¹. Ce sont aujourd'hui des histoires plurielles, ouvertes par et pour des auteurs, artistes par défaut, qui vont prendre le relai de l'Histoire majuscule. Aujourd'hui, la très grande majorité des œuvres numériques reconnues comme étant d'« Art », marquent une véritable régression quant à cette réalité de l'art numérique qui est passage et qui tend à l'inimaginable, l'impensable, l'imprenable, l'immatériel.

6. Passage des œuvres numériques.

Réjouissons-nous de l'état de l'art en matière d'œuvres numériques ! Réjouissons-nous de la difficulté, pour les institutions culturelles, d'en saisir les qualités ! Acceptons la réalité d'un art qui passe, art qui fait passage, art qui est acte d'ouvertures à d'autres actes d'art qui s'ouvrent à l'infini. Réjouissons-nous de cette réalité des œuvres numériques qui passent à travers les mailles de la patrimonialisation. Comme le poème, l'œuvre numérique est une

*hésitation prolongée entre le son et le sens*²⁴².

Elle demeure en suspens, impropre à la prise définitive. Entre quatre murs, elle est fenêtre. Son lieu est tout à la fois réception/émission, indoor/outdoor. À la conservation univoque succède les conversations amphibologiques. Nous tous sommes en regard, des interactions subjectives font culture commune sans avoir été pour autant forcées par la volonté culturelle et ses preuves objectives d'art. Nos actions numériques, qu'on peut qualifier d'épistolaires, forment la culture vivante tout comme les liens hypertextes forment la Toile du Web. Nos œuvres ne sont pas figées, comme peuvent l'être les papillons épinglés par la passion entomologiste, mais vivantes, elles sont vouées à l'« incréation ». À l'ère du numérique et de

²³⁸ A. MOREAU, « La voie négative du net-art », *Terminal*, n°101, Printemps 2008, <http://artlibre.org/archives/textes/313> (page visitée le 24/07/2012).

²³⁹ A. LAFORET, *La conservation du net art au musée : les stratégies à l'œuvre*, thèse en Communication, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse p. 181 (fichier pdf) <http://www.sakasama.net/conservationnetart/these-fr.html> (page visitée le 01/07/2012).

²⁴⁰ Non, nous ne citerons pas de noms.

²⁴¹ A. DANTO, *L'art contemporain et la clôture de l'histoire*, Seuil, 2000.

²⁴² P. VALÉRY, *Tel Quel, chap. Rhumbs, Œuvres*, tome II, Pléiade, 1960, p. 636.

l'internet, la supposée « création » passe par une opération que réalisent nos ordinateurs : la décréation. Cette opération consiste à :

*faire passer du créé dans l'incrée*²⁴³.

Ni création, ni destruction, mais passage de ce qui se crée immatériellement et qui va s'affirmer comme incréation. Cette incréation des « œuvres d'art » ne trouve pas sa place dans un musée du numérique et de l'informatique car, entre le créé et l'incrée, il n'y a de rapport véritable que dans le passage à l'acte de l'incréation. C'est une visée qui ne s'arrête pas à la seule perception de l'objet mais à son prolongement, à son jet hors, tout hors. Loin d'être un iconoclasme, c'est ainsi que se réalise le développement de l'œuvre d'art numérique. Le musée ne peut entraver, c'est-à-dire comprendre et contenir, ce passage qu'est l'« œuvre numérique ». Et si lui-même devenait passage, pour correspondre au mieux aux qualités de ses possibles hôtes, il n'est pas certain qu'il demeurerait encore musée.

Biographie

Antoine Moreau est artiste enseignant-chercheur en arts numériques et sciences de l'information et de la communication à l'Université de Franche Comté, UFR STGI, département Multimédias et Informatique. Il a été à l'initiative du collectif Copyleft Attitude et co-rédacteur de la Licence Art Libre.

²⁴³ S. WEIL, *La pesanteur et la grâce*, Plon, Agora, 1947 et 1988, p. 81.

Faire vivre l'informatique graphique

Pierre Hénon¹, Cécile Welker²

1. Professeur EnsadLab, Ecole nationale supérieure des Arts Décoratifs
31 rue d'Ulm, 75240 Paris Cedex, France
pierre.henon@gmail.com, <http://hist3d.ensad.fr>

2. Doctorante, Ircav, Université Paris 3, et EnsadLab
cecilewelker@hotmail.fr

RÉSUMÉ. Si l'objet ordinateur et ses composants peuvent à eux seuls définir un musée de l'informatique, c'est à travers son évolution historique et ses usages que les expositions thématiques vont s'organiser : histoire des machines, de ses composants et de ses périphériques, des grands ensembles scientifiques aux ordinateurs personnels. En complément d'un discours d'exposition tourné vers l'aspect technologique des découvertes scientifiques, cet article propose d'aborder l'usage de l'ordinateur à travers les pratiques artistiques, et plus particulièrement ses applications dans l'informatique graphique. Le propos d'un musée de l'informatique, dans l'optique d'expositions chronologiques qui lieraient science, technique et création, pourrait ainsi s'illustrer par l'évolution des images, marquées par les possibilités nouvelles offertes par l'ordinateur.

ABSTRACT. If the actual computer and its components could be the foundation by themselves for a computer museum, it is through its historical development and its multiple usages that one would organize thematic exhibitions: history of the machinery, of its components and peripherals, from the largest mainframes dedicated to scientific purposes all the way down to the personal computer. In addition to a speech exposure turned to the technological aspect of scientific discoveries, this paper addresses the use of the computer for artistic purposes, and specifically its applications in computer graphics. The purpose of a computer museum, in chronological exhibitions that would link science, technology and creation, could well be illustrated by the evolution of images, marked by the new possibilities offered by the computer tool.

MOTS-CLÉS : image de synthèse, nouvelles images, histoire, 3D, informatique graphique, numérique, animation, musée, exposition.

KEYWORDS: digital image, history, 3D, computer graphics, animation, museum, exhibition.

1. Introduction

Les ordinateurs, au même titre que le téléphone, la radio, la télévision, ont très vite été utilisés à des fins artistiques. Nous retrouvons dès le début des années 1960 des créations en deux dimensions faites par ordinateur, avec des artistes comme Michael Noll (États-Unis), Georg Nees (Allemagne) ou encore Véra Molnar (France) et Manfred Mohr (France). Il faudra attendre près de dix ans pour voir apparaître en France ce qui a été appelé alors les «nouvelles images», créations en deux ou trois dimensions générées par ordinateur. Depuis, nous tentons continuellement d'explorer et de développer le potentiel de l'ordinateur afin de générer de nouvelles œuvres, du cinéma à la musique en passant par les arts plastiques.

Le programme de recherche²⁴⁴ que nous animons développe depuis déjà trois ans un travail de mémoire autour des images de synthèse: récolement, archivage et valorisation de ces créations animées par ordinateur, depuis les premières explorations en 1975 jusqu'aux années 2000 environ. A travers une approche historique, esthétique et économique, nous analysons les mutations induites par le numérique dans le secteur dit de l'informatique graphique.

Nous reprendrons dans cet article un panorama de nos recherches, et ferons état de quelques résultats qui pourraient aider à définir l'un des propos d'un musée de l'informatique et de la culture numérique.

Nous sommes tout d'abord face à une histoire récente mais oubliée, qu'il faut considérer et mettre en valeur avant que ses parties prenantes ne disparaissent, car les écrits sur le sujet de l'émergence de l'image de synthèse en France sont maigres, voire inexistants. Nous proposons, dans une première partie, d'étudier cette apparition des images de synthèse, pour comprendre comment le numérique s'est peu à peu intégré dans la panoplie des effets visuels des productions et post-productions françaises. Les premiers résultats nous ont permis à la fois de dresser une communauté de grandes figures personnelles, industrielles et institutionnelles qui ont favorisé le développement du numérique et la création d'un tissu productif spécifique à la France, ainsi qu'une chronologie des créations. Ce patrimoine - films, logiciels, interviews, savoir-faire, connaissances scientifiques, techniques et artistiques - pourrait être une entrée captivante pour une exposition sur l'image numérique. Mais c'est surtout l'analyse esthétique des productions qui nous permettra de comprendre les mutations induites par le passage de l'argentique au numérique. Nous énumérerons donc par la suite quelques thématiques qui nous semblent effectives, même si notre choix ne sera évidemment pas exhaustif. Thématiques qui vont étendre nos problématiques de recherche au contexte international de l'informatique.

²⁴⁴. Programme de recherche EnsadLab Hist3d, Histoire de l'image de synthèse en France, Ecole nationale supérieure des Arts Décoratifs, Paris.

2. L'informatique graphique, un patrimoine à découvrir

La France a connu, dès le début des années 1980, une période de pointe très fertile au niveau de la créativité dans le domaine de la synthèse d'image et du traitement numérique de l'image. En s'appuyant sur la dynamique des recherches scientifiques et sur l'inventivité des artistes, le soutien du plan gouvernemental dit *Recherche-image*²⁴⁵ a impulsé de nombreuses initiatives. Des sociétés de post-production, des laboratoires de recherche, des formations se sont ainsi créés ou spécialisés, plaçant la France au second rang mondial, juste derrière les États-Unis.

Il est difficile de présenter cette histoire en quelques lignes car de nombreux événements se recoupent. Rencontres décisives, échanges scientifiques, fortes personnalités et expérimentations audiovisuelles, nous allons revenir rapidement sur quelques initiatives marquantes qui vont nous aider à comprendre comment s'est formé ce milieu de l'image de synthèse français.

2.1. De la recherche

Avant même la constitution de véritables équipes de recherche universitaires, des individus isolés ont mené des travaux décisifs dans le domaine de l'informatique graphique. Chez Renault, au début des années 60, Pierre Bézier (1969) invente les courbes qui portent son nom et sont encore aujourd'hui utilisées dans les objets qui nous entourent comme dans les textes que nous lisons. A la même époque Gilbert Comparetti (1967) donne les bases de ce que devrait être un logiciel d'animation, piste qu'il développe en présentant un outil de production de dessin animé par ordinateur (1974).

En 1965, une équipe de recherche se constitue à Grenoble et va donner lieu aux premières thèses dans le domaine de l'image de synthèse (Lucas, 1968 ; Lecarme, 1970). En 1968, Henri Gouraud, après des études à l'École Centrale et à Sup Aéro, part faire un doctorat à l'Université de l'Utah. Il y côtoie tous ceux qui vont faire l'informatique graphique des années 70, comme John Warnock, Ivan Sutherland, Tom Stockham, Dave Evans. Résultat de ses recherches, le *Gouraud shading*, ou *ombrage de Gouraud*, principe de rendu réaliste basé sur une interpolation linéaire de l'intensité lumineuse, qui est, aujourd'hui encore, programmé au cœur de nos cartes graphiques. En 1972, alors qu'Ed Catmull, futur co-fondateur de Pixar, réalise avec Fred Parke le premier film en 3D²⁴⁶, il utilise le rendu de Gouraud, qui a publié ses premiers résultats (Gouraud, 1971). Au début des années 70, une équipe se constitue à l'IRIA²⁴⁷, ainsi qu'un groupe de travail graphique au sein de l'AFCET²⁴⁸.

²⁴⁵. Le Plan Recherche Image, lancé en 1982, à la suite du rapport rédigé par Y. Stourdzé et H. False (1982), est organisé autour d'un Comité Interministériel qui coordonne les actions du Ministère de la Culture et de la Communication et du Ministère de l'Industrie. Pour les bilans et perspectives, voir la conférence de presse du 8 février 1990 à Monte-Carlo, lors du festival Imagina.

²⁴⁶. *A computer animated hand* (1972), Réal. Ed Catmull and Fred Parke, USA.

²⁴⁷. Institut de Recherche en Informatique et en Automatique, aujourd'hui INRIA.

²⁴⁸. Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique.

Ils organisent de nombreuses rencontres et journées d'étude à partir de 1971, le séminaire de Seillac en 1976²⁴⁹ réunit des chercheurs du monde entier pour tenter de normaliser les logiciels graphiques. Les équipes de recherche se multiplient : École des Mines de Saint Étienne²⁵⁰, ENST Paris²⁵¹, ACROE Grenoble²⁵², puis Lille, Toulouse et Nantes. En 1980 l'association Eurographics est créée, tandis que l'INA²⁵³ organise en 1981 à Arc et Senans un séminaire sur le traitement et la synthèse d'image appliqués à la création audiovisuelle. De nombreuses initiatives qui démontrent qu'un milieu de l'informatique graphique s'organise (Lucas, 1995).

2.2. Naissance d'un marché

Après le secteur militaire, l'imagerie médicale et les industriels, un autre domaine commence donc à pressentir tout l'intérêt de l'image calculée par ordinateur, celui de l'audiovisuel. En 1981, pour répondre à une commande de l'avionneur Dassault, l'entreprise Sogitec met en place un département image de synthèse dans le but de développer un simulateur de vol et son système de génération d'images temps réel, sous la direction de Claude Mechoulam. Très vite, la vie de la société va basculer dans de nouvelles productions, lorsque Xavier Nicolas, responsable du département audiovisuel, comprend tout le potentiel qu'il est possible de tirer de ces systèmes pour la création, et détourne le simulateur la nuit et le week-end avec des créatifs, pour modéliser et animer des images pour la télévision et le cinéma. Les premières demandes d'habillages télévisuels et de publicités affluent, alors que les techniques se mettent au point, en flux tendu. En associant leurs slogans au savoir faire des infographistes, des annonceurs tels que Canon²⁵⁴, BNP²⁵⁵ ou Sharp²⁵⁶ valorisent leur image de marque en se propulsant dans la modernité. « Le futur a déjà son chauffage », communique par exemple GDF²⁵⁷ en 1983, en intégrant de « nouvelles images » à son spot. La même année, Philippe Quéau et André Martin, présentent *Maison vole*²⁵⁸, premier court métrage français scénarisé entièrement synthétique, coproduit par l'INA et la Sogitec. Ils organisent par ailleurs, depuis 1981, le festival Imagina qui allait faire rayonner l'infographie en Europe.

C'est plus tardivement que le numérique arrive au cinéma. En 1986, Christian Guillon dirige les effets spéciaux du premier trucage numérique d'un long métrage français, *L'Unique*²⁵⁹. Puis tout s'accélère, les principaux acteurs de la création 3D

²⁴⁹. Workshops IFIP, *Seillac I « Methodology in Computer Graphics »*, mai 1976, Seillac, France, organisé par R.A. Guedj.

²⁵⁰. Avec Philippe Coueignoux, Michel Gangnet.

²⁵¹. Henri Maître, Francis Schmitt.

²⁵². Claude Cadoz, Annie Luciani.

²⁵³. Institut National de l'Audiovisuel.

²⁵⁴. *Canon T70 (1984)*, Réal. François Pecnard, France.

²⁵⁵. *BNP (1983)*, Réal. Daniel Fauchon, France.

²⁵⁶. *Sharp (1983)*, Réal. Xavier Nicolas, France.

²⁵⁷. *GDF (1983)*, Réal. François Pecnard, France.

²⁵⁸. *Maison vole (1983)*, Réal. André Martin, Philippe Quéau, France.

²⁵⁹. *L'Unique (1986)*, Réal. Jérôme Diamand Berger, France.

actuelle ouvrent leurs studios. En 1985, l'architecte Pierre Buffin crée avec Henri Seydoux l'enseigne BSCA²⁶⁰, qui deviendra plus tard Buf Compagnie. Simultanément, cinq amis étudiants se retrouvent le week-end et réalisent la première série d'animation en synthèse 3D, en caméra subjective, *La vie des Bêtes*²⁶¹, qui scelle la création du studio Mac Guff Ligne. Après quelques réalisations au sein de l'INA et de Sogitec, Georges Lacroix, Renato et Jean-Yves Grall fondent Fantôme, connu pour la série des *Fables géométriques*²⁶².

2.3. Développement d'outils

Alors que les ordinateurs proposaient peu d'interactivité, qu'il fallait entre quelques minutes et quelques heures pour calculer une seule image, les graphistes qui ont voulu s'aventurer dans la production d'images numériques ont dû être inventifs. Jean-Charles Hourcade se rappelle de ses débuts où il faisait de l'image de synthèse sans ordinateur, devant louer du temps de calcul au Centre universitaire d'Orsay, bénéficiant à cet effet d'une 4L de fonction pour aller deux fois par jour, de l'institut au centre de recherche, récupérer quelques images sur une bande magnétique, pour les visualiser par la suite dans le but de découvrir si les dernières lignes de codes écrites étaient satisfaisantes ou à reprendre. Le Centre Mondial Informatique, qui fonctionnait 24h/24, crée en 1981 par François Mitterrand, proposait ses VAX 11 780 à des chercheurs, ingénieurs, et étudiants en art de Paris 8, en manque de temps de calcul et de machines. D'autres pionniers éclairés s'évertuaient à fabriquer leurs propres armes : avec Pascal Terracol, Olivier Emery avait développé dès 1985 l'un des tout premiers logiciels d'animation 3D commercialisés pour PC, Imagix-3D, qui, prêté à MacGuff, l'aidera à démarrer ses activités. En 1986, Jean-Charles Hourcade fonde TDI²⁶³ avec Daniel Borenstein et Alain Nicolas, société issue d'un regroupement entre le studio 3D de l'INA et Thomson CSF, posant ainsi les bases d'Explore, qui allait être le logiciel de 3D le plus vendu au monde en 1991.

2.4. L'utopie artistique

En contribuant à l'invention de nouveaux univers visuels et fictionnels, les techniques numériques de création et de traitement d'image sont également expérimentées à des fins purement artistiques. Dès 1975, IBM dédie un numéro de sa revue à l'*Art et l'ordinateur* (IBM, 1975). À côté d'œuvres internationales, sont présentées de nombreuses réalisations françaises, qu'elles soient de recherche comme celles de Pierre-Louis Dahan et Phac Le Tuan, artistiques comme celles du Groupe de Belfort, ou encore de CAO, avec les images de Jean-Marc Brun et Michel

²⁶⁰. Buffin Seydoux Computer Animation.

²⁶¹. *La vie des bêtes* (1986-1987), Réal. Mac Guff Ligne, Jacques Bled, Thierry Bravais, Rodolphe Chabrier, Philippe Sonrier et Martial Vallanchon.

²⁶². *Les fables géométriques* (1989-1992), Réal. Renato et Georges Lacroix, 50 épisodes de 3 min.

²⁶³. Thomson Digital Image.

Théron²⁶⁴. Manfred Mohr réalise ses premiers dessins sur ordinateur dès 1969 et présente la première exposition d'art informatique en France au Musée d'art moderne en 1971. En 1976, Vera et François Molnar créent l'un des premiers programmes de génération d'images, le Molnart. Hervé Huitric et Monique Nahas réalisent leur premier film sur ordinateur en 1979²⁶⁵ dans le cadre du groupe art et informatique de Vincennes, créé quelques années plus tôt.

Les différentes palettes graphiques font leur apparition au début des années 80, les Paint-box (Quantel), Graph 8 (Xcom), Venice (Getris Images) et bien d'autres. Le réalisateur Stéphane Druais se souvient de la première, un outil de dessin électronique puissant et sophistiqué à l'ergonomie très simple, utilisée par quelques privilégiés seulement, car elle était la plus chère du marché. « Cinq fonctions de base, on pouvait dessiner au stylet ou utiliser des pinceaux sensibles à la pression de la main »²⁶⁶. Pas besoin de savoir programmer pour voir apparaître ses images dessinées en temps réel, ce qui laissait libre cours à l'imagination, à la gestuelle et permettait à n'importe quel artiste de s'approprier la machine en quelques jours.

Le département Art et Technologie de l'Image (ATI) de l'Université Paris 8, alors appelé Centre universitaire expérimental de Vincennes, est créé en 1982, parallèlement au département AII, Atelier d'Image et d'Informatique créé à l'Ecole nationale supérieure des Arts Décoratifs la même année. L'équipe d'ATI, composée d'Hervé Huitric, issu des Beaux Arts, Monique Nahas, professeur de physique théorique, Michel Bret peintre et professeur de mathématique, et Edmond Couchot concepteur d'installations interactives, met en place un programme de recherche et d'enseignements hybrides, à leur image, entre art et programmation.

Ces éclairages historiques nous permettent déjà de dégager quelques matières propices à une exposition historique sur les technologies de l'image : transformation de la télévision, du cinéma et de l'art, au contact du numérique, à travers les témoignages des parties prenantes et l'analyse des images. Mais si nous nous attachons dans nos recherches à circonscrire le terrain des figures et créations françaises, celui-ci devra, à terme, être mis en perspective avec l'histoire de l'image de synthèse aux États-Unis, au Canada et au Japon, par exemple, trois lieux de production marquants. Les thématiques que nous pourrions donc évoquer pour un futur musée de l'informatique devront tout aussi bien s'appliquer aux créations internationales, pour être valables dans une histoire globale, « mondialisée », même s'il est pertinent, dans une optique de musée français, de mettre parfois en valeur des particularités françaises, comme cela peut être le cas avec l'informatique graphique.

²⁶⁴ Images réalisées avec leur logiciel Euclid.

²⁶⁵ *Bobos-Nonos* (1979), Réal. Monique Nahas et Hervé Huitric.

²⁶⁶ Stéphane Druais lors de son intervention à la journée d'étude *Le futur a un passé*, le 23 juin 2011, Paris.

3. Quelques propositions de parcours thématiques

Nous nous sommes concentrés ici, grâce à l'analyse formelle des images, à constituer des thématiques. Nous n'allons pas discuter de la forme scénographique que pourraient prendre celles-ci, mais proposer des contenus possibles à des parcours d'expositions (ou à des îlots thématiques). Des thématiques qui ont plutôt une approche historique, ou chronologique pourrait-on dire, dans la mesure où elles illustrent la façon dont les images graphiques se transforment, au rythme des évolutions techniques.

3.1. Caméras et images volantes

Les possibilités offertes par la caméra virtuelle et les objets de synthèse affranchissent subitement scénaristes et réalisateurs de toute contrainte physique liée à la gravité. Ces derniers vont user et abuser de cette liberté nouvelle, d'autant que matières, formes, et animations des détails sont encore très pauvres, comme nous l'explique Jean-François Henry décrivant le film *Sharp* : « on va essayer de faire toutes les façons de voler possibles et imaginables parce que fondamentalement on ne sait faire que ça »²⁶⁷. Le vol se retrouve jusque dans les titres des films. En Amérique du Nord, *Vol libre*²⁶⁸ réalisé par Loren Carpenter est le premier survol de montagnes fractales. *Vol de rêve*²⁶⁹ met en scène un personnage dans un voyage onirique. Le premier court métrage français scénarisé en images de synthèse, *Maison vole*²⁷⁰, brosse l'histoire d'une maison, étouffée par les immeubles environnants et la grisaille de la ville, qui s'élève au dessus des nuages, pour finir par éclater tous ses éléments, murs et meubles virevoltant selon des axes différents. Cet affranchissement exprimé par la décomposition en facettes se retrouve souvent dans les premiers films en images de synthèse. Au Canada par exemple, Pierre Lachapelle reprend cet effet dans *Tony de Peltrie*²⁷¹, pour donner plus de mélancolie à son personnage. Dans *Humanonon*²⁷², c'est après un long travelling caméra que l'on découvre le héros qui se construit à partir de polyèdres épars. La première publicité²⁷³ française en images de synthèse présente la gamme bureautique Sharp. Du photocopieur à l'ordinateur en passant par la calculette, chaque produit vole dans un univers de science fiction. Ils finissent par se rejoindre pour constituer un vaisseau spatial qui décolle vers « un voyage dans la perfection ». L'une des grandes forces de *Luxo Junior*²⁷⁴ de John Lasseter sera de laisser la caméra filmer l'action en plan fixe, alors que les objets animés se déplacent sur le sol de manière très réaliste, contrairement à l'animation des vols cités plus haut, qui sont plus que surnaturels.

²⁶⁷. Jean-François Henry le 8 novembre 2011, lors du séminaire Hist3d à l'INHA, en ligne sur <http://hist3d.ensad.fr/seminaire/les-premiers-courts/>

²⁶⁸. *Vol libre*, Réal. Loren Carpenter, 1980, USA.

²⁶⁹. *Vol de rêve*, Réal. Philippe Bergeron, Daniel et Nadia Thalmann, 1983, Canada.

²⁷⁰. *Maison vole* (1983), Réal. André Martin, Philippe Quéau, France.

²⁷¹. *Tony de Peltrie*, Réal. Pierre Lachapelle et Philippe Bergeron, 1985, Canada.

²⁷². *Humanonon*, Réal. Michel François, 1983, France.

²⁷³. *Sharp* (1983), Réal. Xavier Nicolas, France.

²⁷⁴. *Luxo Junior*, Réal. John Lasseter, 1986, USA.

3.2. Du trait à l'image

Pour cette thématique, il serait plus lisible et plus démonstratif, dans la mesure du possible, de présenter les images en situation, c'est à dire en train de se faire, avec des écrans d'affichage et des sorties papier.

Les premiers périphériques graphiques ne gèrent que le trait : les écrans sont à balayage cavalier, les impressions se font avec des tables traçantes. Ce qui a des incidences sur l'esthétique des images et, dans le cas des images de synthèse 3D, sur les algorithmes d'élimination des parties cachées (Dahan et Le Tuan, 1977), action qui reste très compliquée dans le cas du filaire et qui va se simplifier radicalement avec l'apparition des mémoires d'images qui ouvrent la voie aux fameux algorithmes du *z-buffer*. *Cubic limit*²⁷⁵, de Manfred Mohr, est un exemple marquant d'un travail en trois dimensions filaire animé.

Ce n'est qu'à la fin des années 70 que commencent à se développer les premiers périphériques « image » : les mémoires d'image sont couplées à des écrans *raster*, qui décrivent ligne par ligne toute la surface de l'écran. Grâce à cette évolution technique, les simulateurs de vol évoluent du « vol de nuit », où l'image est très simplifiée, vers le « vol de jour », où plus d'éléments sont visibles. Parallèlement, les imprimantes thermiques ou jet d'encre font leur apparition. Les images, qui affichaient jusqu'alors uniquement les arêtes d'une approximation polygonale de l'objet désiré (Bret 1988), ou simulaient des aplats à l'aide de succession de traits à la manière des gravures des maîtres hollandais du 16^{ème} siècle²⁷⁶, proposent tout à coup de véritables images surfaciques.

3.3. La synthèse et le réel

Le mélange de deux images fixes est relativement simple. Il suffit dans un premier temps de s'assurer que la focale caméra et les conditions d'éclairage sont cohérents entre la prise de vue réelle et l'image calculée par l'ordinateur, puis de réaliser une découpe (un cache) d'une des images pour l'insérer dans la seconde. Il s'agit ici d'ajouter quelques éléments numériques à un processus de trucage traditionnel. L'étape suivante, dans la seconde moitié des années 80, sera d'avoir l'une des deux images animées (contre deux images fixes du début) mais toujours dans un plan fixe, sans mouvement de caméra. On pourra voir ces images composites aussi bien dans une démonstration de Renault²⁷⁷ montrant une voiture de synthèse quittant une place de stationnement photographiée en réel, que dans les premiers effets spéciaux appliqués à un long métrage français²⁷⁸, où des polyèdres de synthèse viennent envelopper le corps de l'héroïne. A contrario, dans la reconstitution du plan Voisin²⁷⁹, qui illustre un projet architectural jamais réalisé,

²⁷⁵. *Cubic limit*, Manfred Mohr, 1973, France.

²⁷⁶. Voir le logiciel Phoebe, de Pierre-Louis Dahan et Phac Le Tuan.

²⁷⁷. Renault, Mégane, 1989.

²⁷⁸. *L'Unique* (1986), Réal. Jérôme Diamand Berger, France.

²⁷⁹. *Trois grands projets non réalisés de Le Corbusier* (1987), Réal. Christian Archambeaud et Jacques Barsac, France.

c'est l'image réelle qui est animée, tournée dans les rues de Paris, tandis que les bâtiments imaginés par Le Corbusier sont incrustés en arrière plan.

Il fut par la suite assez rapidement possible de réaliser l'ensemble de la prise de vue en image de synthèse. Mais cela demandait des moyens de calculs très importants, alors que les résultats laissaient à désirer du côté du réalisme : les paysages restaient assez sommaires, et surtout il était impossible de représenter des êtres humains de synthèse crédibles. Cela a produit quelques publicités et films peu commerciaux, qui donnaient l'impression de circuler dans un décor déshumanisé, apocalyptique. De fait, il était difficile de se représenter l'échelle des objets ou des bâtiments de synthèse ainsi symbolisés, et donc tout autant difficile de se projeter.

Dans les années 90, le développement des techniques de capture de mouvement va enfin permettre l'intégration très poussée d'images de synthèse animées à l'intérieur d'images réelles, elles aussi en action, tournées avec une caméra en déplacement. La capture de mouvement sera utilisée aussi bien pour incruster des voitures de synthèse dans des plans réels²⁸⁰, que pour reconstituer des explosions ou des plans séquences impossibles à tourner dans un contexte réel²⁸¹, ou encore pour créer des studios virtuels (Fellous, 1993).

3.4. L'animation de personnages

La représentation de l'être humain pose bien évidemment toutes sortes de problèmes liés à la mimesis qu'il faut résoudre dans les logiciels de synthèse d'image : la translucidité de la peau (*subsurface scattering*), les poils et cheveux, le gonflement des muscles par exemple. Mais avant d'en arriver à ces détails de précision, l'animation du squelette humain a été un domaine de recherche pointu. Nous sommes tellement habitués à voir des corps humains en mouvement que le moindre défaut d'animation est immédiatement ressenti comme une fausse représentation. Certains diront que c'est d'ailleurs ce défaut d'animation qui expliquerait que les premiers films réalistes montrant des êtres vivants en synthèse représentaient des animaux préhistoriques, justement parce que nous n'avons pas de référence les concernant.

Robert Abel réalise en 1984 une publicité²⁸² qui sera diffusée durant la soirée du *Super Bowl*. Il dispose donc d'un budget considérable et va mettre en oeuvre les premières techniques de capture du mouvement humain. Une danseuse est filmée sous plusieurs angles, le corps parsemé de repères qui seront resitués dans l'espace 3D à la main. La technique a beaucoup progressé depuis en ce qui concerne l'automatisation, la rapidité et même souvent l'absence de marqueurs, mais repose en général aujourd'hui encore sur des principes similaires : repérages dans l'espace de points clefs à partir d'une triangulation de caméras. Dans le même temps au Japon c'est la course de Carl Lewis qui sert de modèle pour animer un personnage

²⁸⁰. Renault, Raccoon, 1993.

²⁸¹. *Fight Club* (1999), Réal. David Fincher, USA.

²⁸². *Brilliance, ou sexy robot* (1984), Réal. Robert Abel, USA.

dans *Bio Sensor*²⁸³. L'année suivante, à l'Université de l'Ohio, David Zelter décompose la marche humaine sur sol plat et incliné²⁸⁴, ainsi qu'un saut élémentaire. Dans le même laboratoire Susan Amkraut et Michael Girard entament un gros travail sur la danse qui aboutira au film *Eurythmy*²⁸⁵ primé dans de nombreux festivals. Au même moment, le jeune réalisateur John Lasseter, fraîchement engagé par la *Computer graphics division* de Lucasfilm, qui deviendra Pixar peu après, réalise le premier personnage de synthèse animé dans un film de cinéma pour une scène de *Young Sherlock Holmes*²⁸⁶.

Au début des années 90 un tournant décisif apparaît avec l'apparition de systèmes temps réel. Il devient donc possible d'animer un personnage de synthèse incrusté dans un programme de télévision en direct. En France, Medialab est le grand défricheur de ces techniques et produit de nombreuses émissions²⁸⁷ pour Canal+.

Dans les années 2000, l'augmentation de la puissance de calcul entraîne de nouveaux progrès dans la capture de mouvement, avec pour incidence le développement de son utilisation par le cinéma. Dans *The Polar express*²⁸⁸ Tom Hanks joue ainsi à la fois plusieurs personnages dont les deux héros principaux. En France, un studio²⁸⁹ spécialisé se crée, en popularisant cette technique avec le film *Renaissance*²⁹⁰. Enfin, *Avatar*²⁹¹ franchit une nouvelle étape. La technologie alors mise en place offre au réalisateur James Cameron une image temps réel des acteurs virtuels incrustés dans le décor de synthèse à travers une caméra elle aussi virtuelle, qu'il peut déplacer librement, en direct sur le plateau de tournage.

Nous n'avons dégagé ici que quelques exemples de cette histoire de l'informatique graphique. Dans le cadre d'un musée de l'informatique, bien d'autres aspects pourront être développés, comme l'évolution des techniques de modélisation, de rendu ou de morphing. Nous avons surtout abordé les aspects liés au cinéma et à l'audiovisuel, il serait tout à fait passionnant de les compléter avec d'autres disciplines de l'image qui ont usé de l'ordinateur, comme l'imagerie médicale, la visualisation architecturale, la CAO, l'art numérique. Par ailleurs notre partie sur les images composites nous montre qu'il est possible d'ouvrir notre focale pour intégrer ces créations à d'autres histoires : histoire de l'animation, histoire du cinéma et des effets spéciaux par exemple, qui donneraient une autre perspective encore à nos objets.

²⁸³. *Bio Sensor* (1984), Réal. Takashi Fukumoto et Hitoshi Nishimura, Japon.

²⁸⁴. *Walking skeleton* (1985), Réal. David Zelter, USA.

²⁸⁵. *Eurythmy* (1989), Réal. Susan Amkraut et Michael Girard.

²⁸⁶. *Young Sherlock Holmes* (1985), Réal. Barry Levinson, USA.

²⁸⁷. Comme Cyber Flash, émission animée par la pulpeuse Cléo, animatrice virtuelle.

²⁸⁸. *The Polar express* (2004), Réal. Douglas Carigan, USA.

²⁸⁹. Attitude studio.

²⁹⁰. *Renaissance* (2006), Réal. Christian Volckman, France.

²⁹¹. *Avatar* (2009), Réal. James Cameron, USA.

4. Conclusion

Nous avons circonscrit un tissu industriel, un réseau de personnalités, et un corpus de créations, qui élaborent de nombreuses problématiques. Comment s'est construit ce tissu industriel, quelle a été son ampleur, qu'en reste-t-il aujourd'hui, et quel est son positionnement sur le marché mondial ? Si nous avons préféré orienter notre démarche sur les images elles-mêmes, c'est parce qu'il nous semble que par ce biais, une exposition serait plus attractive et visuellement plus significative (qu'un système de gestion informatisé, par exemple), tout en conservant une approche chronologique qui illustrerait une évolution des outils et techniques informatiques. Nos recherches sur l'histoire de l'image de synthèse, en définissant comment les artistes et réalisateurs ont su tirer parti de ces technologies naissantes, apportent un éclairage historique aux œuvres numériques, entre industrie et création.

Nous n'avons pas défini d'artefacts à exposer, n'étant pas qualifiés pour discuter d'un parcours expographique dans son entier. Films dans leur totalité ou montages de morceaux choisis, *making of* et interviews seraient les éléments les plus discursifs. Il est évident que si des machines pouvaient être exposées, dans le cas d'un diorama, comme c'est souvent le cas dans ce type d'exposition, cela représenterait une plus-value, pour les collections du musée comme pour les visiteurs. Mais nous imaginons surtout des séances de démonstrations, qui permettraient de voir fonctionner les machines, une table traçante en illustration de la lenteur, une tablette graphique et son dessin particulier, une imprimante produisant de l'ASCII Art, une caméra de numérisation en fausses couleurs, etc. Des ateliers orientés encore une fois vers un discours historique, pour replonger le public dans un logiciel de l'époque, en comparaison aux actuelles nouvelles technologies. Nous mesurons toute la difficulté de présenter en état de marche quelques systèmes, pour des questions de faisabilité et de coûts de restauration. Dans l'optique d'un musée de l'informatique tenu par diverses missions²⁹², les problématiques de conservation des objets numériques, déjà discutées par des institutions²⁹³, restent encore à normer.

Bibliographie

Barboza P. (1997). *Les nouvelles images*, Cité des Sciences et de l'Industrie, Paris.

Bézier P. (1969). *Sur les charges concentrées et sur quelques problèmes de l'élastostatique linéaire*. Thèse de doctorat, Université de Poitiers.

Bret M. (1988). *Image de synthèse*, Dunod-Informatique, Paris.

²⁹². Définition internationale d'une institution muséale par l'ICOM, 1974 ; au niveau nationale français, Loi du 4 janvier 2002 relative aux musées de France, Journal Officiel de la République Française ; sur la conservation du patrimoine numérique, Charte de l'Unesco du 15 octobre 2003.

²⁹³. A titre indicatif, quelques initiatives françaises à propos d'objets muséaux très différents, l'Ina pour les archives audiovisuelles, la Bnf pour l'émulation de jeux vidéos, le groupe Pérennité des Supports Numériques, le projet de recherche Digital Art Conservation pour le Net-art.

- Cauquelin A. (1994). *Les Tech-Images : revue d'esthétique*. Vol. 25, J-M. Place, Paris.
- Colonna J-F. (1994). *Images du virtuel*, Addisson-Wesley, Paris.
- Comparetti G. (1967). *Essai de définition d'un moniteur d'animation de structures*, Revue française d'informatique et de recherche opérationnelle, n°6.
- Comparetti G. (1974). *Un système d'animation par ordinateur*, C.E.A.
- Couchot E. (1988). *Images : de l'optique au numérique*, Hermès, Paris.
- Dahan P-L., Le Tuan P., (1977). *Approche théorique d'une technique, perspectives et ombres calculées*. Thèse de docteur ingénieur, ENST.
- Fellous A. (1993). STV-synthetic TV: from laboratory prototype to production tools. *Virtual worlds and multimedia*. New York, John Wiley & Sons, Inc., p.127-133.
- Foley J., Van Dam A., (1982). *Fundamentals of Interactive Computer Graphics*, The systems programming series, Addisson-Wesley.
- Gouraud H. (1971). *Computer Display of Curved Surfaces*. Thèse de doctorat, Université de l'Utah.
- IBM (1975). Art et ordinateur, *Revue IBM informatique*, n°13.
- Jaccard-Beugnet A. (2003). *L'artiste et l'ordinateur*, l'Harmattan, Paris.
- Lecarme O. (1970). *Contribution à l'étude des problèmes d'utilisation des terminaux graphiques*. Thèse de doctorat d'Etat, Université de Grenoble.
- Le livre d'Imagina: dix ans d'image de synthèse*, INA-Festival de television de Monte-Carlo, Paris, 1991.
- Lucas M. (1995). *La recherche en synthèse d'image en France depuis 30 ans*. Rapport de recherche, Institut de recherche en Informatique de Nantes.
- Lucas M. (1968). *Techniques de programmation et d'utilisation en mode conversationnel des terminaux graphiques*. Thèse de doctorat, Université de Grenoble.
- Moles A. (1990). *Art et ordinateur*, Blusson, Paris.
- Mounier-Kuhn P-E. (2010). *L'informatique en France de la seconde Guerre Mondiale au Plan Calcul. L'émergence d'une science*. Presses de l'Université Paris-Sorbonne, Paris.
- Newman W., Sproull R., (1979). *Principles of interactive Computer Graphics*, International Student Edition, McGraw-Hill.
- Segura J. (1989). *Du scanner aux images numériques*, Nathan, Paris.
- Stourzé Y., Mattelard A., (1982). Rapport complémentaire. *Technologie, culture et communication : Rapport remis à Jean-Pierre Chevènement, ministre d'Etat, ministre de la Recherche et de l'industrie*, La Documentation française, Paris.

Internet, un objet patrimonial et muséographique

Schafer Valérie

*Institut des sciences de la communication du CNRS
20 rue Berbier-du-Mets, F-75 013 Paris, France
valerie.schafer@iscc.cnrs.fr*

RÉSUMÉ. Cet article propose de poser quelques-uns des enjeux auxquels un musée de l'informatique et de la société numérique devrait essayer de répondre dans le cas de l'Internet. En s'appuyant sur la diversité des sources, des méthodologies, des approches déjà employées dans la jeune historiographie du « réseau des réseaux », en étudiant le mouvement de patrimonialisation qui touche Internet et le Web, en prenant en compte ses différentes échelles d'inscriptions, ses aspects tant contenus que protocoles, ce papier cherche à suggérer des perspectives, notamment scientifiques, que pourrait susciter un tel projet.

ABSTRACT. This paper raises some of the issues that a museum of computing and digital society should try to answer in the case of the Internet. Based on the diversity of sources, methodologies, approaches already used in the historiography of the "network of networks", studying the movement of patrimonialization that affects the Internet and the Web, taking into account the different levels of Internet development and its polysemy, this paper seeks to suggest perspectives, that such a project could create.

MOTS-CLÉS : internet, web, sources, archives, patrimonialisation, mémoire, historiographie, méthodologie.

KEYWORDS: Internet, web, historical sources, archives, heritage, memory, historiography, methodology.

1. Introduction

La création récente par les pouvoirs publics français d'un Conseil national du numérique consacre quasi officiellement un mésusage du mot « numérique ». Ce mot est un adjectif, mais devient le plus souvent utilisé comme substantif : le numérique, presque avec un grand N. Le philosophe Jacques Bouveresse a remarqué, il y a presque trente ans, que le verbe communiquer est devenu intransitif. Cette dérive était consacrée à l'époque, comme l'est celle du numérique à présent. Mais ces glissements syntaxiques sont révélateurs de profonds courants sociaux qui méritent analyse (Moatti, 2012).

On pourrait faire une analyse proche des usages actuels du mot *Internet*. On est loin dans ses acceptions de TCP/IP (*Transport Control Protocol/Internet Protocol*), protocoles définis par Vinton Cerf et Robert Kahn à partir de 1974, pour remplacer le premier protocole d'Arpanet, NCP (*Network Control Protocol*), jugé limité, et permettre d'interconnecter des réseaux de nature différente (de données, radio, satellites, locaux, etc.). Le mot *Internet* est d'un usage de plus en plus extensif et il englobe toute une diversité de pratiques : « on va sur Internet » quand on va sur le Web, etc. Ceci témoigne d'une appropriation générale des usages en ligne par la société, qui associe de plus en plus toutes ses pratiques numériques à l'Internet. Dès lors, celui-ci a évidemment toute sa place dans un projet de musée de l'informatique et de la société numérique en France, mais pose de redoutables problèmes à ses futurs concepteurs : il demande à être circonscrit, défini, car il est chargé de sens, de valeurs et d'imaginaires très différents selon les publics, il est en constante évolution - l'Internet d'aujourd'hui n'a plus grand chose à voir avec celui des années 1980, et c'est une « nébuleuse », il repose sur des milliers de protocoles, offre l'accès à des milliers d'applications, il est l'interconnexion à l'heure actuelle de plus de 50 000 réseaux.

Ainsi, un musée de l'informatique et de la société numérique devra remplir des missions de valorisation, de conservation, de médiation complexes, et l'on peut dégager quelques problèmes qu'il devra, si ce n'est résoudre, tout au moins affronter :

- comment donner à voir et à comprendre l'Internet et ses évolutions ? Faut-il privilégier le sens premier d'Internet, ses aspects tournés vers les protocoles, sa dimension d'interconnexion de multiples réseaux, bref l'infrastructure et l'architecture du « réseau des réseaux », ou davantage les usages et applications ?;
- comment articuler le patrimoine global de l'Internet avec ses nuances nationales ou même locales (par exemple disciplinaires si l'on pense au réseau de l'enseignement supérieur et de la recherche français RENATER, sur lequel nous reviendrons) ?;
- quels mémoires et acteurs valoriser ?;
- comment appréhender l'Internet dans ses différents imaginaires et dimensions profondément imbriqués, que ce soient l'Internet comme semi-commun et l'Internet commercial, l'Undernet et le Web, ou encore les usages « pré-Web, 1.0 et 2.0 » ?

2. L'Internet, un objet global

Dès les années 1990 des récits et histoires de l'Internet se multiplient, issus notamment des écrits d'acteurs eux-mêmes²⁹⁴, certains célébrant *Netville* ou les *Netizens* (Hauben, 1997), d'autres dressant un vaste tableau de la « matrice » (Quaterman, 1989) ou des communautés virtuelles (Rheingold, 1996). L'histoire de

²⁹⁴ <http://www.internetsociety.org/internet/internet-51/history-internet>

l'Internet va également accéder peu après au statut de champ de recherche universitaire, grâce à des ouvrages comme ceux de Janet Abbate, *Inventing the Internet* (Abbate, 1999), ou encore de Patrice Flichy, *L'imaginaire d'Internet* (Flichy, 2001a) et d'Alexandre Serres, *Aux sources d'Internet, l'émergence d'Arpanet* (Serres, 2003). L'histoire est toutefois loin d'en avoir fini avec l'Internet, pour le meilleur et pour le pire parfois...

2.1. Plusieurs approches et histoires possibles

Il n'est pas un ouvrage d'introduction au « réseau des réseaux » qui ne commence par son histoire et les historiens peuvent se réjouir de ne pas avoir le monopole de l'intérêt pour l'histoire de l'Internet, d'autant que celle-ci réclame des compétences pluridisciplinaires et invite à des approches complémentaires qui relèvent aussi de l'informatique, de la sociologie, notamment celle de l'innovation, des *Code Studies*, des *Science and Technology Studies*, etc. Toutefois, beaucoup de ces histoires sont, pour leurs auteurs, un passage obligé au service de leur démonstration, mené souvent au mépris des travaux académiques déjà proposés, documentés et appuyés sur les sources. Certains se sentent fondés à écrire l'histoire de l'Internet, parce qu'ils le pratiquent ou ont assisté à sa naissance et à proposer une analyse qui emprunte aux acteurs, aux récits en ligne. Cette dérive se nourrit d'une mémoire de l'Internet largement auto-référentielle, comme l'a bien montré Alexandre Serres :

Cette mémoire du réseau, à la différence des premières traces des autres médias, est à l'image du réseau lui-même : auto-référentielle. ↙... ↘ il est connu que les messages, les fichiers, les documents échangés entre les chercheurs portaient également sur le réseau. Le réseau parle au réseau, du réseau et sur le réseau, pourrait-on résumer, pour illustrer la nature auto-référentielle des archives et des traces d'ARPANET (Serres, 2003).

Il est dès lors difficile de dénouer l'écheveau complexe qui lie mémoire et histoire, fantasmes et réalités de la genèse, celle-ci ne reposant bien sûr ni sur un acteur unique ni sur un processus linéaire.

On continue ainsi à voir se multiplier des versions non dénuées d'idéologie, par exemple pour valoriser l'aspect libertaire de l'Internet. Celles-ci font la part belle à une partie des racines de l'Internet, en gommant d'autres aspects moins « communicationnels », tels les financements militaires et le lieu nodal que fut au départ l'ARPA (*Advanced Research Projects Agency*) dans une recherche qui n'avait pas pour vocation exclusive le monde militaire, mais doit autant aux travaux civils de Leonard Kleinrock ou Donald Davies qu'à ceux plus militaires de Paul Baran et voit le réseau Arpanet se scinder en deux branches, l'une militaire, l'autre civile, seulement en 1983.

De plus, l'histoire peut être victime de son temps, et certaines réécritures cherchent à mettre en valeur des aspects particuliers, qui ne sont pas faux mais

partiels et partiels, à l'image de l'article de Gordon Crovitz, qui en juillet 2012 dans le *Wall Street Journal* attribuait finalement la réussite de l'Internet à Xerox.

If the government didn't invent the Internet, who did? Vinton Cerf developed the TCP/IP protocol, the Internet's backbone, and Tim Berners-Lee gets credit for hyperlinks. [...] But full credit goes to the company where Mr. Taylor worked after leaving ARPA: Xerox. It was at the Xerox PARC labs in Silicon Valley in the 1970s that the Ethernet was developed to link different computer networks. Researchers there also developed the first personal computer (the Xerox Alto) and the graphical user interface that still drives computer usage today. [...] It's important to understand the history of the Internet because it's too often wrongly cited to justify big government. It's also important to recognize that building great technology businesses requires both innovation and the skills to bring innovations to market (Crovitz, 2012).

Outre que l'on ne peut amalgamer TCP/IP, le protocole de transport des informations, avec le *backbone*, l'infrastructure, Internet ne se résume pas à un ensemble de machines, voire d'interfaces – pour lesquelles les constructeurs, Xerox en premier mais également SUN microsystems, Cisco et bien d'autres, ont joué un rôle majeur. Comme autrefois on a souhaité minimiser les origines militaires de l'Internet au profit d'une vision libertaire, irait-on aujourd'hui vers une volonté de gommer ses aspects scientifiques et publics, au profit d'une réécriture toute entière dédiée à la gloire du privé ... En effet, il est indéniable que Xerox a eu un rôle dans le déploiement de l'Internet mais que dire de celui de la *National Science Foundation* ou d'Unix par exemple.

Comme le montre Patrice Flichy dans Internet ou la communauté scientifique idéale (Flichy, 1999b) ou Paul Ceruzzi (Ceruzzi, 2012), l'histoire de l'Internet tient autant à des racines militaires et universitaires, à un contexte d'innovation spécifique, à la contre-culture américaine ou à d'autres expériences comme celles de la communauté Usenet ou de Bitnet avec Listserv, qu'aux initiatives du secteur privé dans le déploiement de l'Internet commercial, à la révolution des stations de travail dans les laboratoires ou à celle de la micro-informatique et après du Web dans le grand public.

2.2. De multiples chantiers innovants et stimulants

Si Janet Abbate, Patrice Flichy ou Alexandre Serres ont éclairé la genèse de l'Internet, d'autres approches et sources sont possibles et complémentaires (ainsi, l'étude d'Alexandre Serres consacrée à Arpanet s'est fondée sur une approche particulière, la sociologie de la traduction, celle de Patrice Flichy a choisi de partir de sources notamment issues de la revue *Wired*), et ouvrent de multiples chantiers encore vierges ou peu explorés: en voyant, dans les cas précédemment cités, les origines essentiellement états-uniennes de l'Internet, ces chercheurs n'ont pas épuisé toutes les voies, notamment celle des études nationales sur lesquelles nous reviendrons, celles relevant de l'histoire économique (des FAI par exemple), ou

encore sociale (usages professionnels ou privés), qui nous rappelle la nécessité de replacer cette histoire dans le temps long. Clarisse Herrenschmidt propose ainsi une réflexion stimulante qui part de l'Antiquité dans *Les trois écritures : Langue, nombre, code* (Herrenschmidt, 2007). De même il est intéressant de conceptualiser la notion de réseau, utilisée par les philosophes et les ingénieurs très en amont de l'Internet (Letonturier, 2012) ou encore de replacer l'Internet dans une réflexion plus globale sur les réseaux de communication horizontale pour en nourrir l'archéologie, comme le propose Jacques Perriault (Perriault, 2012).

Ainsi, l'histoire de l'Internet se prête à une diversité d'approches et, comme l'a montré Jérôme Bourdon, peut stimuler les historiens des techniques et des médias, mais aussi plus largement la communauté historienne dans sa globalité et sa diversité²⁹⁵. On peut déjà distinguer dans la jeune historiographie qui touche à l'Internet des approches très diverses, en termes d'architecture, d'histoire des normes ou d'histoire institutionnelle (Griset et Schafer, 2012), des approches en histoire des sciences (Hocquet, 2012²⁹⁶), des approches qui sont davantage pensées en termes de contenus, d'autres sous l'angle de la mythologie et du folklore (Paloque-Bergès, 2010), des études plus orientées vers la gouvernance (Russell, 2006). Quoi de commun entre les travaux par exemple de Sandra Braman sur les RFCs (Braman, 2010), d'Andrew Russell sur l'OSI (Russell, 2006) ou d'Ignacio Siles sur les blogs (Siles, 2012a), si ce n'est que chacun contribue pleinement à une histoire de l'Internet en construction.

Ces exemples permettent en outre d'illustrer la diversité des sources convoquées, autant de sources possibles pour une mise en valeur muséographique, de celles qui touchent aux contenus (les blogs, les archives du Web...), à celles qui peuvent paraître plus techniques. Il faut toutefois se méfier de cette apparente dichotomie entre étude des couches basses et des applications, qui voudrait que la technicité augmente quand on s'enfonce au cœur du réseau et des protocoles : une étude comme celle des blogs (Siles, 2012a) nécessite aussi de solides connaissances sur leur contexte technique et économique. Internet fournit des sources inédites, et inhabituelles en histoire, qui nous apprennent aussi beaucoup sur les usages : les Maps UUCP éclairent à la fois les premiers sites connectés et « identités numériques », la diffusion mondiale de Usenet et Internet ; les premiers noms de domaine déposés (archives de l'Afnic par exemple) ont bien des informations à livrer aux historiens ; les *Request for Comments* (RFCs) nous apprennent sur les débats techniques, mais également sur la gouvernance, les contributeurs (nationalités, instituts, fréquence de contribution...), elles éclairent un *work in progress*, mais aussi parfois la Netiquette. Il faut également évoquer les *Newsgroups* de la communauté Usenet, les témoignages d'acteurs du *Charles Babbage Institute*, la presse généralistes et spécialisée, les archives institutionnelles (celles de l'INRIA, de RENATER, du CNRS, etc) ou d'entreprises privées, etc. D'autres sources sont en cours de constitution et seront à n'en pas douter à terme aussi riches d'enseignements pour les historiens, telles celles de Twitter rassemblées par la *Library of Congress*, à condition toutefois d'inventer des méthodes de traitement

²⁹⁵ <http://www.histoiredesmedias.com/Compte-rendu-de-la-journee-d-etude.html>

²⁹⁶ <http://hocquet.eeigm.eu/TempsDesMediasHocquetMai2012.pdf>

pertinentes à coupler à celles classiques de l'histoire et de ne pas céder à la facilité d'un traitement de petits échantillons pour en faire des éléments (faussetment) représentatifs de la société en général ou à un quantitativisme conduisant à une *data-driven science* irraisonnée.

3. Articuler plusieurs patrimoines

L'évocation de Twitter et de la *Library of Congress* illustre le mouvement de patrimonialisation assez récent dont font l'objet les contenus qui circulent en ligne, depuis le Web. Mais ce mouvement de patrimonialisation n'a pas attendu le milieu des années 2000, on peut même dire qu'il est à l'œuvre depuis les débuts de l'Internet.

3.1. Un vaste mouvement de patrimonialisation

Dès 1968 les chercheurs qui œuvrent au réseau Arpanet développent un mode d'échange, qui va constituer une extraordinaire mémoire du réseau et peut devenir une source de premier ordre pour les historiens : Steve Crocker définit les *Request for comments* (RFCs), un mode d'échange de documentation et de spécifications techniques ouvert, dédié à la mise au point de normes consensuelles. À ce jour, il y a plus de 6 000 RFCs (en ligne). Elles inscrivent l'élaboration des protocoles de l'Internet dans une perspective de travail ouvert et collaboratif, qui apparente l'Internet à un bien commun. Toutefois, le développement des applications grand public, des FAI, des intérêts commerciaux, confronte en permanence cet aspect « bien commun » de l'Internet aux réalités économiques, un pendant tout aussi important de son histoire, qui invite à prendre en compte dans le mouvement de patrimonialisation le poids des imaginaires, des valeurs et des tensions qui traversent la chaîne Internet.

Outre les RFCs, le patrimoine de l'Internet s'enrichit dès les années 1990 des interviews menés par le *Charles Babbage Institute* qui donne la parole à de multiples acteurs, certains ayant eu un rôle en amont, à l'instar de Paul Baran ou Charles Zakret (qui livre un regard très intéressant sur la continuité entre les *Sage People* et les fondateurs de l'Internet²⁹⁷) jusqu'à Vinton Cerf et Robert Kahn, en passant par Donald Davies du *National Physical Laboratory* britannique. En avril 2012, un historien américain, Andrew Russell, recueillait à Paris les témoignages des Français de l'équipe Cyclades ou celui de Marc Levillion d'IBM grâce au soutien de l'*ACM History Committee* pour nourrir des archives orales encore très américano-centrées, mais qui s'ouvrent à d'autres histoires, nationales, qui à n'en pas douter peuvent éclairer sous un nouvel angle l'histoire de l'Internet²⁹⁸.

²⁹⁷ An Interview with CHARLES A. ZRAKET, OH 198, Conducted by Arthur L. Norberg, 3 mai 1990, Archives orales du Charles Babbage Institute.

<http://conservancy.umn.edu/bitstream/107728/1/oh198caz.pdf>

²⁹⁸ <http://historyblog.acm.org/?p=9><http://historyblog.acm.org/?p=9>

D'autres initiatives fondatrices et fondamentales ont vu le jour, une des plus notables étant celle de Brewster Kahle qui, avec *Internet Archive* et la *Wayback Machine*, ouvre les portes du Web du passé depuis 1996. L'entreprise est remarquable et titanesque, comme l'explique son fondateur :

L'Internet Archive est une bibliothèque numérique à but non lucratif. Elle est située aux États-Unis et sa visée, à la fois sociale et technologique, est de permettre un accès universel à l'ensemble de la connaissance : tous les livres, toute la musique, toutes les vidéos, accessibles partout, par tous. Notre but est de collecter le travail de l'humanité et de le rendre accessible à ceux qui voudraient l'utiliser pour s'instruire. Notre base, c'est ce qui a été publié, c'est-à-dire les choses qui ont été pensées pour être publiques : un livre, une page web ou un billet de blog ; même les tweets... A l'inverse, le contenu de Facebook est censé être privé... et de fait ça devient plus confus quand on aborde des publications qui s'adressent à une certaine communauté... On se cantonne par conséquent au domaine public : donc les blogs, oui, c'est fondamental, les tweets, Flickr ou Youtube... Mais Facebook et autres communautés privées, c'est pour une prochaine étape du projet, qui supposerait des conditions d'accès différentes...²⁹⁹.

Depuis, l'archivage du Web a aussi pris place au rang des initiatives institutionnelles nationales, à l'instar de celui opéré en France par la BnF et l'INA. Depuis le 1^{er} août 2006, la BnF a pour mission de collecter, conserver et communiquer les sites Internet du « domaine français » au titre du dépôt légal ([Code du patrimoine, articles L131-1 à L133-1 et R131-1 à R133-1](#))³⁰⁰ et fin 2011 ces archives contiennent 16,5 milliards de fichiers, certains remontant à 1996 grâce à un accord avec *Internet Archive*. Quant à l'INA, il collecte les sites de médias audiovisuels, des sites qui enrichissent ou documentent les contenus de ces médias — comme les sites officiels de programmes mais aussi les blogs ou sites de fans essentiellement consacrés aux programmes de la radio ou de la télévision —, et des sites des services de médias audiovisuels à la demande. La collecte représente, en avril 2012, 9 254 sites et plus de 13 milliards de versions d'URL³⁰¹. En 2003 est également fondé un consortium, l'IIPC³⁰², qui réunit une quarantaine d'institutions qui travaillent ensemble à la préservation du Web mondial.

Enfin, on peut mentionner une autre initiative originale, celle de Gordon Bell « d'archivage total d'une vie » dans [MyLifeBits](#) :

MyLifeBits is a lifetime store of everything. It is the fulfillment of Vannevar Bush's 1945 Memex vision including full-text search, text & audio annotations, and hyperlinks. [...] There are two parts to MyLifeBits: an experiment in lifetime storage, and a software research effort. The

²⁹⁹ <http://www.internetactu.net/2011/06/28/brewster-kahle-internet-archive-le-meilleur-du-web-est-deja-perdu/>

³⁰⁰ http://www.bnf.fr/fr/collections_et_services/livre_presse_medias/a.archives_internet.html

³⁰¹ <http://www.ina-sup.com/ressources/dossiers-de-laudiovisuel/les-e-dossiers-de-laudiovisuel/et-le-web-devint-archive-enjeux-e>

³⁰² *International Internet Preservation Consortium*. <http://netpreserve.org/>

*experiment: [Gordon Bell](#) has captured a lifetime's worth of articles, books, cards, CDs, letters, memos, papers, photos, pictures, presentations, home movies, videotaped lectures, and voice recordings and stored them digitally. He is now paperless, and is beginning to capture phone calls, IM transcripts, television, and radio*³⁰³.

De quoi stimuler les travaux des historiens des techniques comme de ceux de la *micro storia*. Les dernières phrases de Brewster Kahle reproduites plus haut nous rappellent toutefois qu'un autre grand « conservateur » de la mémoire en ligne et des traces numériques est Google, tandis que Facebook est en train de devenir la plus grande base données au monde sur les individus : une immense mémoire également, mais privée qui, loin de faire rêver les historiens rappelle l'histoire de la société de la surveillance, du fichage ou les réactions en 1974 face au projet SAFARI, la crainte du *Big Brother* étatique ... et paradoxalement l'insouciance actuelle face aux traces numériques et à l'utilisation, la réexploitation, le stockage, la revente des données.

3.2. *L'Internet n'est pas que virtuel*

Revenons quelques instants aux propos d'Alexandre Moatti qui ont ouvert ce papier : « *Le mot-valise du numérique en vient ainsi à être utilisé ad nauseam pour figurer l'immatériel, au détriment de l'immense base matérielle et logicielle sous-jacente* » (Moatti, 2012). Pour l'Internet aussi, on retrouve souvent cet oubli de la « matérialité », celle des terminaux par exemple, importante car il y a autant de points communs que de différences entre une navigation sur ordinateur fixe ou en mobilité, ou la réalité des débits (de 2 Mégabits/seconde aux débuts de RENATER à 10 Gigabits/seconde aujourd'hui).

L'histoire des formats ou encore celle des interfaces est aussi éclairante, comme le montrent les travaux en cours de Benjamin Thierry ou l'intervention lors du séminaire Hint (Histoires de l'Internet, ISCC) de Louis-Jean Teitelbaum³⁰⁴, qui explorait la nature des interfaces pré-Web par listes, celle des menus, la place croissante des icônes (Microsoft Network version Windows 1995), la dimension « dialogue » des commandes, l'expérience des utilisateurs des interfaces textuelles et graphiques, la question de la couleur, etc. Si nous ne sommes pas ici au cœur des aspects matériels, ceux-ci ne sont pas absents et rappellent qu'une analyse des contenus ne peut s'affranchir de la question de l'interactivité, des modes de navigation, etc.

Mais la matérialité est surtout celle qui relève des infrastructures gigantesques qu'il faut installer pour assurer le fonctionnement de l'Internet : son histoire a aussi à voir avec les supports, le passage du cuivre à la fibre optique, l'usage des satellites, la question des routeurs, des fermes de serveurs, des CDN, etc.

Afin de ne pas multiplier les exemples à l'infini, même si c'est une dimension essentielle de l'Internet sur laquelle il faudrait insister davantage, pour éviter des

³⁰³ <http://research.microsoft.com/en-us/projects/mylifebits/>

³⁰⁴ <http://www.iscc.cnrs.fr/spip.php?article1503>

analyses naïves sur un monde virtuel affranchi des réalités de la vie matérielle, il faut rappeler que les usages et les enjeux ne s'affranchissent pas des tensions qui traversent la société « IRL ». On pourrait prendre le cas de la gouvernance de l'Internet, qui illustre les aspects géopolitiques.

Enfin, il convient aussi derrière Janet Abbate d'insister sur l'imbrication croissante homme/machine, réel/virtuel, en une « agentivité hybride » :

Des recherches récentes en STS ont ouvert la boîte noire du logiciel Web pour révéler les implications sociales et morales de l'agentivité hybride. [...] Hal Robert repousse la frontière de l'agentivité hybride encore plus loin en décrivant ce qu'il nomme 'le cerveau Google' ('the Google brain')³⁰⁵. Contrairement à l'exemple de Geiger, dans lequel le pouvoir d'appliquer les règles de Wikipedia était intentionnellement placé dans les 'bots' par leurs concepteurs, les processus automatisés que Roberts décrit élaborent une culture en ligne qui ne reflète les intentions d'aucun acteur humain directement. Roberts examine le rôle de Google Adwords [...] Ce système semble éliminer l'agentivité humaine de nombreuses décisions : les annonceurs ne choisissent pas de pages web spécifiques pour publier leurs annonces ; les éditeurs ne choisissent pas de faire paraître des publicités spécifiques à côté de leur contenu ; et Google lui-même, bien qu'il ait créé le système et le fasse fonctionner, ne prend pas de décisions directes sur le contenu. [...] Ces décisions sont prises par un ensemble hybride indissoluble de corporations achetant de l'espace publicitaire, d'éditeurs choisissant des contenus à publier, de millions d'utilisateurs 'clicquant' sur des liens et de logiciels automatiques, qui traduisent ces actions en un mécanisme de marché. Pour trouver une agentivité humaine significative, conclut Roberts, il faut se tourner vers les concepteurs du système Google lui-même et les tenir pour responsables d'avoir mis la mécanique en marche. Sinon, il faut accepter que le contenu Internet soit le fruit d'une 'bureaucratie automatique imprévisible et donc inexplicable' » (Abbate, 2012).

3.3. Patrimoine mondial/patrimoine national : quel patrimoine français de l'Internet ?

Nous avons évoqué les ouvrages fondateurs d'Alexandre Serres, Janet Abbate ou Patrice Flichy, et montré que si de nombreux chantiers ont été ouverts par ces chercheurs, d'autres restent à explorer. L'un d'entre eux concerne les voies et nuances nationales dans le développement, la réception, l'acculturation de l'Internet.

Or, le musée de l'informatique, qu'il soit virtuel ou pas, mériterait de s'intéresser plus particulièrement à l'histoire française et européenne.

La pénétration de l'Internet en Israël, étudiée par Nicholas John (John, 2011), au Costa Rica étudiée par Ignacio Siles (Siles, 2012b) ou en France est très différente.

³⁰⁵ Harold M., Roberts, *Google AdWords as a Network of Grey Surveillance: The Mechanized Magic of Meaning in the Google Brain*, M.S. thesis, Virginia Tech, 2010.

Au niveau européen aussi on rencontre des nuances importantes, de chronologie, de rythme d'équipement ou de tarifs, tandis que le « fossé numérique » traverse également les pays eux-mêmes. Pour ne prendre qu'un exemple, celui du déploiement de l'Internet dans le monde scientifique et universitaire français, on peut constater des nuances disciplinaires (les physiciens ou les astronomes sont des pionniers dans l'adoption des réseaux dans la communauté des sciences formelles), ou régionales (la constitution de plaques régionales reliées au *backbone* RENATER connaissent des rythmes différents, la région Midi-Pyrénées avec REMIP ou la Normandie avec SYRAHNO ou VIKMAN réagissant très vite, alors que d'autres sont plus frileuses). Ces différences se lisent aussi à l'échelle européenne : alors que le réseau RENATER et son GIP sont officialisés en 1993, le réseau britannique JANET est très bien engagé depuis le milieu des années 80.

On pourrait trouver de nombreux autres cas d'exceptions et de particularismes nationaux, un bon exemple en France étant le Minitel, qui a contribué à introduire l'usage d'un dispositif écran/clavier dans l'espace privé dès les années 1980 et des pratiques numériques que l'on retrouve ensuite sur Internet et le Web, même si les supports (« petite boîte beige » rudimentaire vs micro-informatique), les modèles économiques, les opérateurs et acteurs industriels ou les interfaces et modes de navigation diffèrent (Schafer et Thierry, 2012)³⁰⁶.

De Cyclades, ébauche d'un réseau de la recherche entre 1971 et 1979 parti de l'INRIA, à RENATER-5 aujourd'hui, de premiers FAI associatifs comme Fnet ou FDN à Free, en passant par des disparus comme Oléane ou la création de Wanadoo, de l'informatisation de la société (Rapport Nora-Minc de 1978) au PAGSI (Plan d'action gouvernemental pour la société de l'information en 1998) sous Lionel Jospin, du thème des autoroutes de l'information promues par Gérard Théry à celui aujourd'hui de la société de la connaissance, l'histoire française de l'Internet est riche de pistes à explorer, d'expériences à valoriser, de témoignages à recueillir, qui pousseraient aussi le musée dans le sens d'un lieu de recherche, de production et de valorisation de sources.

4. Conclusion

Tous ces éléments amènent à insister sur la dimension scientifique d'un tel projet. Ce qui est valable pour l'Internet l'est plus globalement. Un musée de l'informatique et de la société numérique ne peut proposer une vision internaliste et technicienne de cette histoire. Comme le notait dès 2004 Nathan Ensmerger : « The future of the history of computing is not machines but people » (Ensmerger, 2004).

Il doit en outre aller dans le sens de l'exigence scientifique et à ce titre associer les scientifiques. Si ceci peut sembler une évidence, les débats actuels sur l'Internet font souvent davantage place aux industriels, aux membres de la société civile, aux militants. Leur place est entière, mais celle des chercheurs doit l'être aussi.

³⁰⁶ L'exemple du Minitel nous rappelle aussi la nécessité de penser la convergence entre télécommunications et informatique.

Un autre point important est que ce musée de l'informatique devrait être profondément soutenu par les pouvoirs publics et constituer une ambition française, pour ne pas laisser l'histoire de l'informatique s'écrire exclusivement outre-Atlantique et pour prendre la mesure et donner à voir le dynamisme européen et national, ses réussites et ses échecs, qui peuvent aussi préparer et éclairer l'avenir.

Bibliographie

- Abbate J. (1999). *Inventing the internet*. MIT Press, Cambridge.
- Abbate J. (2012). L'histoire de l'Internet au prisme des STS. *Le Temps des Médias*, n° 18, p. 170-180.
- Braman S. (2010). Technical Design of the Internet and the Law : The First Decade.
<http://microsites.oii.ox.ac.uk/ipp2010/programme/111>
- Ceruzzi P. (2012). Aux origines américaines de l'Internet : projets militaires, intérêts commerciaux, désirs de communauté. *Le temps des Médias*, n° 18, p. 15-28.
- Crovitz G. (2012) Who really invented the Internet ? *The Wall Street Journal*.
<http://online.wsj.com/article/SB10000872396390444464304577539063008406518.html>
- Ensmenger N., « Power to the people : Toward a social history of computing », *IEEE Annals of the History of Computing*, 2004, 26 (1), p. 94-96.
- Flichy P. (2001). *L'imaginaire d'internet*. La Découverte, Paris.
- Flichy P. (1999). Internet ou la communauté scientifique idéale. *Réseaux*, n° 97, vol. 17, p. 77-120.
- Griset P. et Schafer V. « Make the Pig fly ! ». L'INRIA, ses chercheurs et Internet des années 1970 aux années 1990. *Le temps des Médias*, n° 18, p. 41-53.
- Hauben R. et M. (1997). *Netizens : On the History and Impact of Usenet and the Internet*. Wiley-IEEE Computer Society Pr.
- Herrenschmidt C. (2007). *Les trois écritures : Langue, nombre, code*. Gallimard, Paris.
- John, N. (2011). The Diffusion of the Internet to Israel: The First Ten Years. *Israel Affairs*, 17:3, p. 327-340.
- Letonturier E. (2012). Réseau : concept « indiscipliné ». *Les Réseaux*. Les Essentiels d'Hermès, Paris, CNRS Editions, p. 9-32.
- Moatti A. (2012). Le numérique, adjectif substantivé. *Le débat*, n° 170, p. 133-137.
- Paloque-Berges C. (2010). *Entre trivialité et culture : une histoire de l'Internet vernaculaire. Emergence et médiations d'un folklore de réseau*. Thèse en Sciences de l'Information et de la Communication, Université Paris 8.
- Perriault J. (2012). Réseaux de communication horizontale, un aperçu à travers le temps. *Le temps des Médias*, n° 18, p. 148-158.
- Quateman J. (1989). *The Matrix: Computer Networks and Conferencing Systems Worldwide*. Digital Press.

- Russell A. (2006). « Rough Consensus and Running Code » and the Internet-OSI Standards War ». *IEEE Annals of the History of Computing*, p. 48-61.
- Schafer V. et Thierry B. (2012). *Le Minitel, l'enfance numérique de la France*. Nuvis, Paris.
- Serres A. (2003) *Aux sources d'Internet : l'émergence d'Arpanet*, Presses Universitaires du Septentrion, Villeneuve d'Ascq.
- Siles I. (2012a). The rise of blogging : Articulation as a dynamic of technological stabilization. *New Media & Society*, 14(5), p. 781-797.
- Siles, I. (2012b). [Establishing the Internet in Costa Rica: Co-optation and the closure of technological controversies](#). *The Information Society*, 28(1), p. 13-23.
- Rheingold H. (1996). *Les communautés virtuelles*. Addison-Wesley/France.

Biographie

Valérie Schafer est chargée de recherche à l'Institut des sciences de la communication du CNRS (ISCC). Docteur en histoire, spécialiste d'histoire des télécommunications et de l'informatique, en particulier des réseaux de données, elle est notamment l'auteur de *La France en réseaux (années 1960-1980)* et avec B. Thierry du *Minitel, l'enfance numérique de la France* (Nuvis 2012) et a co-dirigé avec J. Bourdon le dossier « Histoire de l'Internet, Internet dans l'histoire », *Le temps des Médias*, n° 18, 2012.
